

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

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теоретические основы нанотехнологий»

Направление подготовки – 28.04.02 Нанотехнологии

Магистерская программа – «Материалы и технологии нанотехнологий»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

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 «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии», 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 «Теоретические основы наноинженерии» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области математики, физики, физико-химических основ нанотехнологии, информационных технологий, вычислительной математики и численных методов, материаловедения наноматериалов и наносистем

Цель дисциплины – формирование у обучающихся комплексных представлений о наноматериалах, природе их свойств, методах исследования и основных типах научно-технической документации, регламентирующей получение изделий наноиндустрии.

Задачи дисциплины:

- обучение теоретическим основам физики твёрдого тела;
- ознакомление с областями применения материалов с соответствующими свойствами;
- ознакомление с устройством и принципом действия оборудования для диагностики наноструктурированных материалов;
- изучение основ методов эллипсометрии, электронной микроскопии, спектроскопии для исследования профиля поверхности, кристаллографических характеристик и элементного состава твёрдых тел;
- обучение практическим навыкам определения характеристик наноматериалов по их оптическим свойствам;
- изучение основных видов испытаний изделий наноиндустрии;
- формирование навыков обработки результатов экспериментальных исследований;
- развитию практических навыков работы с научной литературой по тематике дисциплины.

Дисциплина «Теоретические основы наноинженерии» преподаётся в 1 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 **общефессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Исследовательская деятельность	ОПК-4. Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов	ОПК-4.1 Знает методы планирования и постановки сложных экспериментов и исследований в области профессиональной деятельности ОПК-4.2 Умеет представлять результаты своей исследовательской деятельности, в том числе формировать демонстрационный материал по результатам исследований ОПК-4.3 Владеет навыками оценки и интерпретации результатов исследований

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Использование информационных технологий	ОПК-5. Способен использовать инструменталь формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	ОПК-5.1 Знает инструменталь формализации инженерных и научно-технических задач, прикладное программное обеспечение, используемое в профессиональной деятельности ОПК-5.2 Умеет определять перечень ресурсов для использования в профессиональной деятельности ОПК-5.3 Владеет навыками формализации инженерных и научно-технических задач
Разработка нормативной документации	ОПК-7. Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области нанотехнологий	ОПК-7.1 Знает типы научно-технической документации в области профессиональной деятельности и правила их разработки ОПК-7.2 Умеет использовать техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области нанотехнологий и методов диагностики наноматериалов ОПК-7.3 Владеет опытом составления отчетов по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные определения и классификации, используемые в нанотехнологии;
- требования безопасности при работе с наноматериалами;
- основы физики твердого тела как науки, лежащей в основе представлений об исключительных свойствах наноматериалов;
- основные методы диагностики и измерений в нанотехнологии;
- требования и основные методы проведения испытаний на определение соответствия характеристик наноматериалов требованиям российских стандартов.

Уметь:

- обрабатывать результаты экспериментальных исследований по изучению свойств наноматериалов;
- использовать полученные знания для формирования профессиональных навыков в области нанотехнологии.

Владеть:

- навыками к сбору, анализу и систематизации информации по наноматериалам;
- комплексными представлениями о физической природе наноматериалов;
- методикой определения усредненных характеристик наноматериалов;
- практическими навыками определения характеристик наноматериалов по их оптическим свойствам;
- навыками работы с российскими стандартами в области изделий нанотехнологии.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	6	216	162
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,89	68	51
Лекции	0,945	34	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,945	34	25,5
Самостоятельная работа	3,11	112	84
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	3,11	112	84
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	Академ. часов			
		Всего	Лек-ции	ПЗ	СР
1.	Раздел 1. Наноматериалы и природа их специфических свойств	66	14	12	40
1.1	Общие сведения о наноматериалах	7	2	–	5
1.2	Основы физики твёрдого тела	50	10	10	30
1.3	Теоретические основы специфических свойств наноматериалов	9	2	2	5
2.	Раздел 2. Экспериментальные методы определения параметров наноматериалов	68	12	16	40
2.1	Электронная микроскопия	9	2	2	5
2.2	Сканирующая зондовая микроскопия	9	2	2	5
2.3	Спектральные методы анализа	16	2	4	10
2.4	Эллипсометрия	34	6	8	20
3.	Раздел 3. Методы испытаний изделий наноиндустрии	46	8	6	32
3.1	Основы теории испытаний	8	2	–	6
3.2	Государственные стандарты в области изделий наноиндустрии	28	4	4	20
3.3	Определение удельной поверхности наноматериалов методом БЭТ	10	2	2	6
	ИТОГО	180	34	34	112
	Экзамен	36			
	ИТОГО	216			

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Наноматериалы и природа их специфических свойств

1.1. Общие сведения о наноматериалах.

Основные определения и понятия в наноинженерии. Классификация наноструктур и наноматериалов. Безопасность обращения с наноматериалами. Возможности нанотехнологий.

1.2. Основы физики твёрдого тела.

Кристаллические решетки. Основные типы связи в твёрдых телах. Дефекты в кристаллах. Колебания атомов кристаллической решётки. Тепловые свойства твёрдых тел: теплоёмкость, тепловое расширение и теплопроводность. Основы зонной теории твёрдых тел. Электрические свойства твёрдых тел. Магнитные свойства твёрдых тел. Классификация и природа магнитных состояний вещества. Свойства веществ с атомным магнитным порядком. Оптические свойства твёрдых тел: поглощение и излучение света твёрдыми телами. Магнитооптические явления.

1.3. Теоретические основы специфических свойств наноматериалов.

Особенности нанообъектов. Размерный эффект. Квантовое ограничение. Поверхностные свойства. Оптические свойства наноматериалов. Магнитные свойства наноматериалов.

Раздел 2. Экспериментальные методы определения параметров наноматериалов

2.1. Электронная микроскопия.

Классификация электронно-зондовых методов анализа. Просвечивающая электронная микроскопия. Сканирующая электронная микроскопия. Схемы электронных микроскопов и их возможности.

2.2. Сканирующая зондовая микроскопия.

Общие принципы действия сканирующих зондовых микроскопов. Преимущества и недостатки. Сканирующий туннельный микроскоп. Понятие туннельного эффекта. Возможности метода и ограничения на его использование. Сканирующий атомно-силовой микроскоп. Режимы работы, возможности метода и ограничения на его использование. Ближнепольный оптический микроскоп. Сканирующая зондовая микроскопия как инструмент для манипуляции атомами. Понятие квантового загона.

2.3. Спектральные методы анализа.

Классификация спектральных методов. Электронная оже-спектроскопия. Рентгеновская спектроскопия. Спектроскопия пропускания. Методика определения толщины тонких плёнок на основе анализа их спектров оптического пропускания.

2.4. Эллипсометрия.

Назначения и достоинства эллипсометрии. Физические основы эллипсометрии. Основное уравнение эллипсометрии. Прямая и обратная задачи эллипсометрии. Основные оптические модели отражающей структуры. Однослойная модель. Графо-аналитический метод решения обратной задачи эллипсометрии. Модели эллипсометров. Оптические элементы эллипсометров: поляризаторы, фазосдвигающие устройства.

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, нанокompозитам 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:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:				
1	основные определения и классификации, используемые в наноинженерии		+		
2	требования безопасности при работе с наноматериалами		+		
3	основы физики твёрдого тела как науки, лежащей в основе представлений об исключительных свойствах наноматериалов		+		
4	основные методы диагностики и измерений в наноинженерии			+	
5	требования и основные методы проведения испытаний на определение соответствия характеристик наноматериалов требованиям российских стандартов				+
	Уметь:				
6	обрабатывать результаты экспериментальных исследований по изучению свойств наноматериалов			+	+
7	использовать полученные знания для формирования профессиональных навыков в области наноинженерии		+	+	+
	Владеть:				
8	навыками к сбору, анализу и систематизации информации по наноматериалам		+	+	+
9	комплексными представлениями о физической природе наноматериалов		+		
10	методикой определения осредненных характеристик наноматериалов			+	
11	практическими навыками определения характеристик наноматериалов по их оптическим свойствам			+	
12	навыками работы с российскими стандартами в области изделий наноиндустрии				+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
13	ОПК-4. Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов	ОПК-4.1 Знает методы планирования и постановки сложных экспериментов и исследований в области профессиональной деятельности		+	+
14		ОПК-4.2 Умеет представлять результаты своей исследовательской деятельности, в том числе формировать демонстрационный материал по результатам исследований		+	+
15		ОПК-4.3 Владеет навыками оценки и интерпретации результатов исследований		+	+
16	ОПК-5. Способен использовать инструментальный формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и	ОПК-5.1 Знает инструментальный формализации инженерных и научно-технических задач, прикладное программное обеспечение, используемое в профессиональной деятельности		+	+
17		ОПК-5.2 Умеет определять перечень ресурсов для использования в профессиональной деятельности	+		+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
18	проектирования объектов, систем и процессов	ОПК-5.3 Владеет навыками формализации инженерных и научно-технических задач		+	+
19	ОПК-7. Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области наноинженерии	ОПК-7.1 Знает типы научно-технической документации в области профессиональной деятельности и правила их разработки			+
20		ОПК-7.2 Умеет использовать техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области технологии и методов диагностики наноматериалов	+	+	+
21		ОПК-7.3 Владеет опытом составления отчетов по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями		+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.2	Кристаллические решетки	2
2	1.2	Тепловые свойства твёрдых тел	2
3	1.2	Магнитные свойства твёрдых тел	4
4	1.2	Электрические и оптические свойства твёрдых тел	2
5	1.3	Теоретические основы специфических свойств наноматериалов	2
6	2.1	Электронная микроскопия	2
7	2.2	Сканирующая зондовая микроскопия	2
8	2.3	Спектральные методы анализа	2
9	2.3	Определение толщины наноплёнки по спектру пропускания	2
10	2.4	Эллипсометрия. Общие теоретические положения.	2
11	2.4	Методология построения номограмм $\Delta - \Psi$ и подготовка к работе с ними	2
12	2.4	Определение показателя преломления и толщины наноплёнки графо-аналитическим методом	2
13	2.4	Оптические элементы эллипсометров	2
14	3.2	Общая структура ГОСТов на наноматериалы. Технические требования, предъявляемые к различным наноматериалам	2
15	3.2	Методы, применяемые для определения характеристик нанообъектов согласно ГОСТ	2
16	3.3	Определение удельной поверхности наноматериалов методом БЭТ	2
		ИТОГО	34

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия программой дисциплины не предусмотрены.

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 тестовым заданиям по теоретическому материалу дисциплины и устным опросам на защите этих заданий;
- подготовку отчётов по расчётным работам;
- подготовку к сдаче экзамена.

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 подготовку доклада на основе современных научных публикаций по тематике дисциплины (максимальная оценка – 10 баллов); за выполнение расчётных работ (максимальная оценка – 25 баллов: по 5 баллов за работы № 1, 2, 4 и 10 баллов за работу № 3); домашних заданий в виде тестов и их защиты (максимальная оценка – 25 баллов: по 5 баллов за домашние задания № 1, 2, 4 и 10 баллов за домашнее задание № 3) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры тем докладов для текущего контроля освоения дисциплины

1. Методы получения магнитных наночастиц.
2. Оптические явления в наносистемах.
3. Современные теплоизоляционные материалы.
4. Магнитные свойства редкоземельных элементов.
5. Термострикционные эффекты в сплавах железа.
6. Свойства аморфных ферромагнитных микропроводов.
7. Магнитострикция и её применение в технике.
8. Наноразмерные эффекты и их практическое применение.
9. Проблемы безопасности работы с наноматериалами.
10. Современные возможности нанотехнологий.

Методические рекомендации для обучающихся по подготовке доклада и подбору материала для него, а также методические рекомендации для преподавателей по организации прослушивания докладов приведены в отдельном документе, являющимся неотъемлемой частью основной образовательной программы.

Критерии для оценивания докладов приведены в отдельном документе, являющимся неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.2. Темы и примеры заданий для расчётных 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.

8.3. Темы и примеры домашних заданий в виде тестов

Домашние задания предлагаются в виде тестов. Выполненный дома тест необходимо защитить во время аудиторных занятий (на практических 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?

- а) Длины волны протонов
- б) Длины волны фотонов
- с) Длины волны нейтронов
- д) Длины волны электронов
- е) 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)

- а) Режим переменной высоты
- б) Режим постоянной высоты
- с) Режим переменного туннельного тока
- д) Режим постоянного туннельного тока
- е) Режим постоянного сканирования
- ф) Режим постоянного движения зонда

4) Что составляет физическую основу сканирующей туннельной микроскопии?

- а) Явление отражения световых волн от поверхности материала
- б) Явления, определяемые туннелированием электронов в зазоре между атомарно острым зондом и поверхностью анализируемого образца
- с) Явление излучения вторичных электронов или квантов света поверхностью, облучаемой пучком электронов
- д) Явление, при котором атомы, возбужденные потоком электронов, образуют туннели, усиливающие проникновение пучка электронов к молекуле

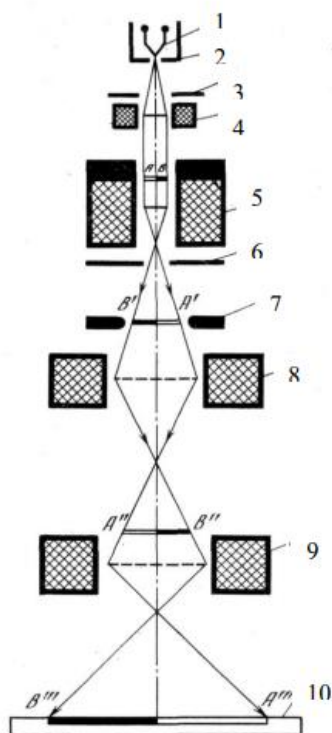
5) Что лежит в основе СЗМ-техники?

- а) детектирование локального взаимодействия, возникающего между зондом и поверхностью исследуемого образца при их взаимном отдалении
- б) детектирование локального взаимодействия, возникающего между зондом и поверхностью исследуемого образца при их взаимном сближении
- с) 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:

- а) Анод
- б) Конденсорная линза
- с) 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, мёссбауэровская спектроскопия
 - b) ультрафиолетовая, атомно-абсорбционная и фотоэлектронная спектроскопии
 - c) атомная флуоресценция, оптическая спектроскопия, ЭПР
 - d) только гамма-, альфа- и бетта-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?

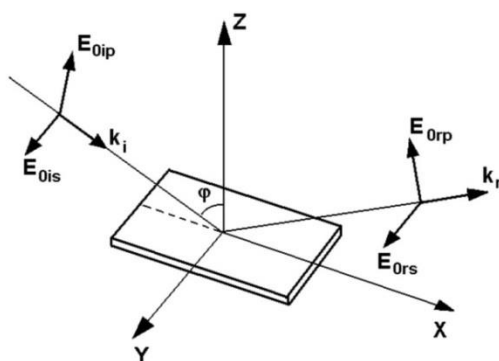
- a) визуальное детектирование
- b) большая интенсивность света
- c) очень высокая чувствительность
- d) способность исследования химических связей
- e) определение толщины слоя

Домашнее задание № 3

Тема: «Эллипсометрия».

Вариант № 1:

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



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

- Б) k_i и E_{0rs}
- 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:

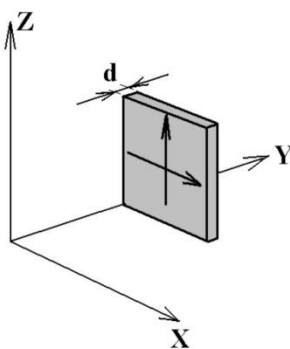
А) $tg \Psi$	1) комплексный показатель преломления среды
Б) ρ	2) комплексный эллипсометрический параметр
В) N	3) разность между фазовыми скачками волн при отражении
	4) отношение амплитуд коэффициентов отражения для р- и s- волн

А	Б	В

5. Как выглядит соотношение Снелла?

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

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?

- a) 2-7 мм
- b) 3-6 мм
- c) 2-6 мм
- d) 2-5 мм

2. Соотнесите понятие и его определение:

- 1) Наночастица
- 2) Нановолокно
- 3) 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?

8.4. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен, 1 семестр)

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

1. Классификация наноструктур и наноматериалов.
2. Безопасность обращения с наноматериалами.
3. Возможности нанотехнологий.
4. Кристаллические решетки. Основные типы связи в твёрдых телах. Дефекты в кристаллах.
5. Колебания атомов кристаллической решётки. Температура Дебая. Понятие о фононах.
6. Теплоёмкость твёрдых тел. Закон Дебая. Закон Дюлонга–Пти.
7. Теплоёмкость металлов. Теплоёмкость электронного газа.
8. Тепловое расширение твёрдых тел.
9. Теплопроводность твёрдых тел.
10. Основы зонной теории твёрдых тел. Электрические свойства твёрдых тел.
11. Магнитное поле и его характеристики. Магнитное поле в твёрдых телах.
12. Закономерности намагничивания ферромагнетиков. Магнитострикция, термострикция и эффект Виллэри.
13. Магнитный момент атома. Магнитные свойства атомов в веществе. Классификация магнитных состояний вещества.
14. Природа диамагнетизма.
15. Природа парамагнетизма. Закон Кюри. Применение парамагнетизма для получения особо низких температур.
16. Квантовая теория ферромагнетизма. Доменная структура ферромагнетиков.
17. Антиферромагнетики и ферримангнетики.
18. Виды взаимодействия света с твёрдыми телами.
19. Поглощение света кристаллами.
20. Спонтанное и индуцированное излучение. Твёрдотельные лазеры.
21. Размерный эффект. Квантовое ограничение. Поверхностные свойства наноматериалов.
22. Оптические свойства наноматериалов. Магнитные свойства наноматериалов.
23. Назначения и цели электронно-зондовых методов анализа. Классификация. Применение в задачах нанотехнологии.

24. Основные понятия электронной микроскопии. Классификация методов электронной микроскопии.
25. Просвечивающая электронная микроскопия.
26. Сканирующая электронная микроскопия.
27. Схемы электронных микроскопов и их возможности.
28. Общие принципы действия сканирующих зондовых микроскопов. Преимущества и недостатки.
29. Сканирующая туннельная микроскопия.
30. Сканирующая атомно-силовая микроскопия.
31. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля.
32. Сканирующая зондовая микроскопия как инструмент для манипуляции атомами.
33. Спектральный анализ. Основные понятия. Классификация.
34. Рентгеновская спектроскопия.
35. Оже-спектроскопия.
36. Спектроскопия пропускания. Методика определения толщины тонких плёнок на основе анализа их спектров оптического пропускания.
37. Назначение и достоинства эллипсометрии. Применение эллипсометрии в нанотехнологиях.
38. Плоская электромагнитная волна, и её распространение в среде. Отражение плоской электромагнитной волны от исследуемой поверхности.
39. Основное уравнение эллипсометрии. Прямая и обратная задачи эллипсометрии.
40. Основные оптические модели отражающей структуры. Однородная полубесконечная среда.
41. Основные оптические модели отражающей структуры. Однослойная модель.
42. Основные оптические модели отражающей структуры. Многослойная модель.
43. Графо-аналитический метод решения обратной задачи эллипсометрии.
44. Методология построения номограмм $\Delta - \Psi$ и работа с ними.
45. Оптические схемы эллипсометров.
46. Оптические элементы эллипсометров: поляризаторы.
47. Оптические элементы эллипсометров: фазосдвигающие устройства.
48. Преобразования поляризации при прохождении через оптические элементы.
49. Основные понятия теории испытаний: испытания, объект испытаний, макет для испытаний, условия испытаний, программа испытаний, испытательное оборудование.
50. Результат испытаний. Точность, достоверность и воспроизводимость результатов испытаний.
51. Виды и цели испытаний. Типы классификации испытаний.
52. Цели и задачи исследовательских, контрольных, сертификационных и эксплуатационных испытаний.
53. Основные этапы подготовки и проведения испытаний. Оценка результатов испытаний.
54. Внешние воздействующие факторы при проведении испытаний.
55. Аттестация испытательного оборудования. Цели и виды аттестации.
56. Государственные стандарты в области изделий nanoиндустрии. Общая структура ГОСТов на наноматериалы.
57. Технические требования, предъявляемые к различным наноматериалам: нанотрубкам, нанопорошкам, нанокомпозитам и т.д.
58. Наиболее распространенные методы, применяемые для определения характеристик нанообъектов согласно ГОСТ.
59. Правила отбора и подготовки проб и образцов для испытаний.
60. Требования безопасности при проведении испытаний наноматериалов.
61. Определение удельной поверхности наноматериалов методом БЭТ по изотерме адсорбции газа: сущность метода, методика обработки результатов.
62. Определение удельной поверхности наноматериалов методом БЭТ по изотерме адсорбции газа: необходимое оборудование, методика проведения испытания.

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

8.5. Структура и пример билета для экзамена

Экзамен по дисциплине «Теоретические основы нанотехнологии» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 2 вопросов, относящихся к различным разделам.

Пример билета для экзамена:

"Утверждаю" Зав. каф. КХТП Глебов М.Б.	Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 28.04.02 Нанотехнологии Магистерская программа – «Материалы и технологии нанотехнологии»

«__» ____ 20__ г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИИ

БИЛЕТ № 1

1. Сканирующая электронная микроскопия.
2. Государственные стандарты в области изделий нанотехнологии. Общая структура ГОСТов на наноматериалы.

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.
2. Епифанов Г.И. Физика твёрдого тела : учеб. пособие, 4-е изд., стер. СПб.: Лань, 2011. 288 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/2023?category_pk=925#book_name (дата обращения: 5.04.2024).

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.
4. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твёрдого тела : пер. с англ. М.: Мир, 1969. 558 с.
5. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твёрдого тела : учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2000. 494 с.
6. Преображенский А.А., Бишард Е.Г. Магнитные материалы и элементы : учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1986. 352 с. 4 экз.
7. Киттель Ч. Введение в физику твёрдого тела : пер. с англ. М.: Наука, 1978. 791 с.
8. Епифанов Г.И. Физика твёрдого тела : учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1965. 276 с.

9. 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: 5.04.2024).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

- 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 «Российские нанотехнологии». ISSN: 1992-7223.
- Журнал «Acta Microscopica». ISSN: 0798-4545.
- Журнал «Физика твердого тела». ISSN: 0367-3294.
- Журнал «ECS Journal of Solid State Science and Technology». ISSN: 2162-8769.
- Журнал «Journal of Physics C: Solid State Physics». ISSN: 0022-3719.
- Журнал «Physics of the Solid State». ISSN: 1063-7834.
- Журнал «Physical Review B: Solid State». ISSN: 0556-2805.
- Журнал «Handbook of Magnetic Materials». ISSN: 1567-2719.
- Журнал «Handbook of Ferromagnetic Materials». ISSN: 1574-9304.
- Журнал «Journal of Magnetism and Magnetic Materials». ISSN: 0304-8853.
- Журнал «Обзоры по теплофизическим свойствам веществ». ISSN: 0135-3233.
- Журнал «Advanced Optical Materials». ISSN: 2195-1071.
- Журнал «Applied Physics B: Lasers and Optics». ISSN: 0946-2171.
- Журнал «Optical Materials». ISSN: 0925-3467.
- Журнал «Optical Materials Express». ISSN: 2159-3930.
- Журнал «Optics & Laser Technology». ISSN: 0030-3992.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями темами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thesaurus.rusnano.com/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Наномир – интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.miracle-uni.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Нанометр – нанотехнологическое сообщество. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanometer.ru/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Официальный сайт «Аэрогели» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aerogel-russia.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanojournal.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Информационный портал RusNanoNet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Швец В.А., Спесивцев Е.В. Эллипсометрия : Учебно-методическое пособие к лабораторным работам. – Новосибирск, 2013. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://nsu.ru/xmlui/bitstream/handle/nsu/229/%D0%AD%D0%BB%D0%BB%D0%B8%D0%BF%D1%81%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%A8%D0%B2%D0%B5%D1%86.pdf?sequence=1&isAllowed=y (дата обращения: 5.04.2024).
- ГОСТ Р 56647-2015/ISO/TS 80004-6:2013. Нанотехнологии. Часть 6. Характеристики нанообъектов и методы их определения. Термины и определения. [Электронный ресурс]: –

Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data/623/62301.pdf> (дата обращения: 5.04.2024).

– ГОСТ 34444-2018. Наноматериалы. Магний гидроксид наноструктурированный. Технические требования и методы измерений (анализа). [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data/704/70486.pdf> (дата обращения: 5.04.2024).

– ГОСТ 34445-2018. Наноматериалы. Магний оксид наноструктурированный. Технические требования и методы измерений (анализа). [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data/704/70480.pdf> (дата обращения: 5.04.2024).

– ПНСТ 407-2020 «Зеленые» стандарты. Нанодисперсии стирол-акриловые. Критерии и показатели для подтверждения соответствия «зеленой» продукции. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293720/4293720991.htm> (дата обращения: 5.04.2024).

– ГОСТ Р 54848-2011. Нанопорошки энергонасыщенных материалов. Общие технические требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293789/4293789562.pdf> (дата обращения: 5.04.2024).

– ПНСТ 250-2017. Наноматериалы. Наносuspензия серебра. Общие технические требования и методы испытаний. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293739/4293739700.pdf> (дата обращения: 5.04.2024).

– ГОСТ Р 58356-2019. Наноматериалы. Нанотрубки углеродные одностенные. Технические требования и методы испытаний. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Index/70/70738.htm> (дата обращения: 5.04.2024).

– ПНСТ 251-2017. Наноматериалы. Материал нанокomпозиционный на основе полиэтилена. Технические требования и методы испытаний. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293739/4293739692.pdf> (дата обращения: 5.04.2024).

– ГОСТ Р 58850-2020. Материал объемный углеродный наноструктурированный. Технические условия. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293721/4293721827.htm> (дата обращения: 5.04.2024).

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

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

- банк заданий для расчётных работ;
- демонстрационные модули расчётных работ;
- фотографии наноматериалов, выполненные с помощью электронной микроскопии;
- образцы спектров пропускания наноплёнок;
- примеры номограмм $\Delta - \Psi$;
- образцы изотерм адсорбции наноструктурированных материалов;
- магнитострикционные и термострикционные кривые для различных материалов;
- банк домашних заданий в виде тестов (30 вариантов по каждому домашнему заданию);
- банк билетов для экзамена – 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.

Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ составляет на 01.01.2024 года 1 559 436 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 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 10 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 выполнения и контроля расчётных заданий.

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 модули расчётных работ.

Магнитострикционные диаграммы для разных ферромагнетиков; термострикционные диаграммы для железоникелевых и железоплатиновых сплавов.

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 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. Нanomатериалы и природа их специфических свойств	Знает: основные определения и классификации, используемые в нанотехнологии; требования безопасности при работе с наноматериалами; основы физики твёрдого тела как науки, лежащей в основе представлений об исключительных свойствах наноматериалов. Умеет: использовать полученные знания для формирования профессиональных навыков в области нанотехнологии. Владеет: комплексными представлениями о физической природе наноматериалов; навыками к сбору, анализу и систематизации информации по наноматериалам.	Оценка за доклад на основе современных научных публикаций. Оценка на экзамене.
Раздел 2. Экспериментальные методы определения параметров наноматериалов	Знает: основные методы диагностики и измерений в нанотехнологии. Умеет: обрабатывать результаты экспериментальных исследований по изучению свойств наноматериалов; использовать полученные знания для формирования профессиональных навыков в области нанотехнологии. Владеет: навыками к сбору, анализу и систематизации информации по наноматериалам; методикой определения осреднённых характеристик наноматериалов; практическими навыками определения характеристик наноматериалов по их оптическим свойствам.	Оценка за расчётные работы № 1–3. Оценка за домашние задания № 1–3. Оценка на экзамене.
Раздел 3. Методы испытаний изделий нанотехнологии	Знает: требования и основные методы проведения испытаний на определение соответствия характеристик наноматериалов требованиям российских стандартов. Умеет: обрабатывать результаты экспериментальных исследований по изучению свойств наноматериалов; использовать полученные знания для формирования профессиональных навыков в области нанотехнологии. Владеет: навыками к сбору, анализу и	Оценка за расчётную работу № 4. Оценка за домашнее задание № 4. Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	систематизации информации по наноматериалам; навыками работы с российскими стандартами в области изделий наноиндустрии.	

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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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

«Теоретические основы нанотехнологий»

основной образовательной программы

28.04.02 Нанотехнологии

Магистерская программа

«Материалы и технологии нанотехнологий»

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»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Моделирование технологических и природных систем»**

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов (КХТП), д.т.н. Дороховым И.Н.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Нанотехнологии**, магистерская программа «**Материалы и технологии нанотехнологий**» (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 технологических и природных систем**» 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, вычислительной математики, макрокинетики химических процессов, процессов и аппаратов химической технологии, общей и неорганической химии, органической химии.

Цель дисциплины – научить магистранта активно применять методы моделирования технологических и природных систем для решения конкретных задач при обработке экспериментальных данных, оптимизации, прогнозировании свойств, моделировании и управлении химико-технологическими процессами, создании новых технологий и технологических аппаратов.

Задачи дисциплины: сформировать у магистранта способности самостоятельно применять методы моделирования технологических и природных систем для решения конкретных инженерно-технологических проблем.

Дисциплина «**Моделирование технологических и природных систем**» в соответствии с учебным планом подготовки магистра преподается в первом 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 **универсальных компетенций и индикаторов их достижения:**

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач
Разработка и реализация проектов	УК-2. Способен управлять проектом на	УК-2.1 Знает теоретические основы и основные принципы управления проектами

	всех этапах его жизненного цикла	УК-2.2 Умеет организовать реализацию и обеспечить контроль за ходом выполнения проекта УК-2.3 Владеет навыками управления инновационными проектами в производственной сфере

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				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области наноинженерии и решать их.	ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности.	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

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
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей эффективности в своей профессиональной деятельности ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные положения моделирования технологических и природных систем;
- базовые понятия термодинамических и природных систем;
- основные методы термодинамического анализа природных систем;
- основы математического аппарата термодинамических систем;
- основные характеристики, классификацию и методы энергетического анализа природных систем.

Уметь:

- применять методы моделирования технологических и природных систем для решения практических задач в химической технологии;
- создавать компьютерные программы, вычислительный процесс которых базируется на методах и средствах моделирования технологических и природных систем.

Владеть:

- концептуальными подходами к решению прикладных проблем с позиций моделирования технологических и природных систем;
- приемами построения концептуальных и модельных схем анализа для решения прикладных задач в химической технологии.

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:	0,94	34	25,5
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,50	18	13,5
Самостоятельная работа	3,06	110	82,5
Контактная самостоятельная работа	3,06	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		109,6	82,2
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	Введение	1	0,5		
	Раздел 1. Термодинамические основы моделирования технологических и природных систем.				
1.1	Параметры и функция состояния.	4	0,5	0,5	2
1.2	Экстенсивные и интенсивные величины.	4	0,5	0,5	2
1.3	Полный дифференциал функции двух переменных.	4	0,5	0,5	2
1.4	Функции Пфаффа.	5	0,5	0,5	2
1.5	Однородные функции.	6	0,5	0,5	4
1.6	Преобразования Лежандра.	4	0,5	0,5	2

1.7	Равновесный и неравновесный процесс.	4	0,5	0,5	2
1.8	Обратимый и необратимый процесс.	6	0,5	0,5	2
1.9	Тепловая и холодильная машина.	7	2	1	4
	Раздел 2. Моделирование неоднородных систем.				
2.1	Нулевое, первое и второе начало термодинамики..	6	0,5	0,5	4
2.2	Термодинамические функции состояния..	6	0,5	0,5	4
2.3	Уравнения состояния.	7	0,5	0,5	6
2.4	Индуктивный и дедуктивный метод исследования.	4	0,5	0,5	4
2.5	Пространственно-неоднородные системы.	6	0,5	0,5	6
2.6	Обобщенный вид закона сохранения и превращения энергии..	7	0,5	0,5	6
2.7	Классы процессов, протекающих в неоднородных средах.	7	0,5	0,5	6
2.8	Парциальная энергия равновесной и неравновесной системы.	7	0,5	0,5	6
2.9.	Энергоперенос и энергопревращение.	6	0,5	1	6
	Раздел 3. Основные положения теории скалярных и векторных полей.				
3.1.	Теория скалярного поля.	8	0,5	1	6
3.2	Теория векторного поля.	8	1	1	6
3.3	Вывод формул для термодинамических сил.	5	1	2	4
3.4	Связь между локальными и глобальными параметрами термодинамической системы.	4	1	1	4
3.5	Исключение диссипативных членов из уравнений баланса энергии.	4	1	1	4
	Раздел 4. Принципы моделирования произвольных форм движения.				
4.1.	Универсальный показатель совершенства преобразования энергии.	4	1	1	4
4.2.	КПД установки преобразования энергии.	4	1	1	6
4.3.	Критерии подобия преобразования энергии.	4	1	1	6
	Всего часов	144	16	18	110

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение

Системный подход и методы моделирования в методологии естествознания. Индуктивный и дедуктивный принцип научного исследования. Структура курса. Учебная и ознакомительная литература.

Раздел 1. Термодинамические основы моделирования технологических и природных систем

1.1. Параметры и функции состояния. Макроскопические параметры состояния. Внешние и внутренние параметры. Состояние системы. Функция состояния. Стационарное состояние. Равновесное состояние.

1.2. Экстенсивные и интенсивные величины. Изолированная система. Исходный постулат равновесной термодинамики. Уравнения состояния.

1.3. Полный дифференциал функции двух переменных. Полное и частное приращение функции. Графическое представление приращения функции. Необходимое и достаточное условие дифференцируемости функции.

1.4. Функции Пфаффа. Голономная форма функции Пфаффа. Неголономная функция Пфаффа.

1.5. Однородные функции. Однородная функция 1-го порядка. Однородная функция нулевого порядка. Связь между однородностью и экстенсивностью функции. Теорема Эйлера.

1.6. Преобразование Лежандра.

1.7. Равновесный и неравновесный процесс. Квазистатический процесс. Противоречивость понятия равновесного процесса. Диаграмма равновесного процесса. Цикл.

1.8. Обратимый и необратимый процесс. Примеры необратимых процессов.

1.9. Тепловая и холодильная машина. Цикл тепловой машины. Цикл Карно. Круговой цикл холодильной машины.

Раздел 2. Моделирование неоднородных систем

2.1. Нулевое, первое и второе начало. Связь нулевого начала с температурой. Аналитическое выражение нулевого начала - закона сохранения энергии. Введение Клаузиусом энтропии. Полная теплота тела и понятие внутренней энергии. Природа теплоты.

2.2. Термодинамические функции состояния. Характеристические функции.

2.3. Уравнения состояния. Канонические, термические, калорические уравнения состояния. Общие условия равновесия.

2.4. Индуктивный и дедуктивный метод исследования. Утрата равновесной термодинамикой свой исключительности. Два основных постулата энергетической термодинамики.

2.5. Пространственно неоднородные системы. Неаддитивность свойств неоднородных систем.

2.6. Обобщенный вид закона сохранения и превращения энергии. Особенность классификации сил в термодинамике. Понятие результирующей силы и результирующего перемещения. Классификация видов работ: упорядоченные, неупорядоченные, диссипативные.

2.7. Классы процессов, протекающих в неоднородных средах. Введение экстенсивных параметров пространственной неоднородности. Закон сохранения энергии неоднородной системы в виде математического тождества. Число независимых координат состояния неоднородной системы.

2.8. Парциальная энергия равновесной и неравновесной системы. Принцип аддитивности парциальных энергий для неоднородных систем. Соотношение Гиббса-Дюгема для неоднородных систем.

2.9. Энергоперенос и энергопревращение. Аналитические выражения упорядоченных и неупорядоченных работ в термостатических переменных.

Раздел 3. Основные положения теории скалярных и векторных полей

3.1. Теория скалярного поля. Производная по направлению скалярного поля. Поверхность уровня скалярного поля. Градиент скалярного поля.

3.2. Теория векторного поля. Векторная линия. Дифференциальные уравнения векторных линий. Поток вектора через поверхность. Поток вектора через замкнутую поверхность. Дивергенция. Теорема Остроградского-Гаусса. Циркуляция векторного поля. Ротор векторного поля. Теорема Стокса. Потенциал векторного поля. Соленоидальное векторное поле.

3.3. Вывод формул для термодинамических сил. Закон сохранения энергии в форме Н. Умова. Термодинамические силы и потоки.

3.4. Связь между локальными и глобальными параметрами термодинамической системы.

3.5. Исключение диссипативных членов из уравнений баланса энергии неоднородной системы. Энергодинамическое обобщение 3-го закона Ньютона. Аналитические выражения движущих сил разнородных процессов.

Раздел 4. Принципы моделирования произвольных форм движения Единство процессов переноса и преобразования энергии

4.1. Универсальный показатель совершенства преобразования энергии. Существо механизма преобразования энергии. Электрическая схема замещения энергопреобразующей системы.

4.2. КПД установки преобразования энергии. Антисимметрические соотношения взаимности для энергопревращения.

4.3. Критерии подобия процессов преобразования энергии. Холостой ход и короткое замыкание. Критерий добротности. Критерий нагрузки. Критерий энергопревращения.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:					
1	– основные положения моделирования технологических и природных систем;		+			
2	– базовые понятия термодинамических и природных систем;		+			
3	– основные методы термодинамического анализа природных систем;			+		
4	– основы математического аппарата термодинамических систем;			+	+	
5	– основные характеристики, классификацию и методы энергетического анализа природных систем.				+	+
	Уметь:					
6	– применять методы моделирования технологических и природных систем для решения практических задач в химической технологии;		+	+		
7	– создавать компьютерные программы, вычислительный процесс которых базируется на методах и средствах моделирования технологических и природных систем.				+	+
	Владеть:					
8	– концептуальными подходами к решению прикладных проблем с позиций моделирования технологических и природных систем;		+	+		
9	– приемами построения концептуальных и модельных схем анализа для решения прикладных задач в химической технологии.				+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальные компетенции и индикаторы их достижения</u> :						
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
10	– УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	– УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации	+			

11		– УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке		+		
12		– УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач			+	
13	– УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	– УК-2.1 Знает теоретические основы и основные принципы управления проектами	+	+		
14		– УК-2.2 Умеет организовать реализацию и обеспечить контроль за ходом выполнения проекта		+	+	+
15		– УК-2.3 Владеет навыками управления инновационными проектами в производственной сфере	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
16	– ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологий и решать их	– ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности	+	+	+	+
17	– ПК-3. Способен к анализу технологических процессов нанотехнологий	– ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей эффективности в своей профессиональной деятельности	+			
18		– ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов		+	+	+

19		– ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности			+	+

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, 2, 3, 4	Расчет механической силы в поступательном движении	2
2	1, 2, 3, 4	Расчет центробежной силы вращательного движения	2
3	1, 2, 3, 4	Расчет гравитационной силы	2
4	1, 2, 3, 4	Расчет электростатической силы	2
5	1, 2, 3, 4	Расчет термической силы	2
6	1, 2, 3, 4	Расчет гидродинамической силы	2
7	1, 2, 3, 4	Расчет коэффициента молекулярной диффузии	2
8	1, 2, 3, 4	Расчет движущей силы лучистого энергообмена	2
9	1, 2, 3, 4	Расчет химического средства для гомогенной реакции	2
		ИТОГО	18

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные работы не предусмотрены.

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 лабораторных работ по разделам дисциплины;
- изучение рекомендованной литературы и работ 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.

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 реферативно-аналитических работ (максимальная оценка 60 балла) и итогового контроля в форме *зачёта с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Для текущего контроля предусмотрена реферативно-аналитическая работа по рабочей программе дисциплины в количестве 3-х заданий. Максимальная оценка составляет 20 баллов за каждую работу.

РАЗДЕЛЫ 1 – 2.

Контрольная работа №1. Универсальность закона сохранения энергии

Максимальная оценка – 20 баллов.

РАЗДЕЛ 3.

Контрольная работа №2. Сила как мера неоднородности системы.

Максимальная оценка – 20 баллов.

РАЗДЕЛ 4.

Контрольная работа №3. Энергодинамический анализ процессов преобразования различных форм энергии.

Максимальная оценка – 20 баллов.

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачёт с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачет – 40 баллов. Билет содержит два теоретических вопроса, относящихся к разным разделам дисциплины. Максимальная оценка за первый теоретический вопрос – 20 баллов, за второй теоретический вопрос – 20 баллов.

8.2.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачёт с оценкой)

1. Термодинамическая система (ТС). Виды ТС. Состояние ТС и параметры состояния ТС. Уравнение состояния ТС. Функция состояния ТС. Равновесное состояние ТС. Примеры.
2. Термодинамический процесс (ТП). Равновесный и неравновесный ТП. Противоречивость понятия равновесного ТП.
3. Обратимый и необратимый термодинамический процесс (ТП). Прямой и обратный цикл в равновесной термодинамике.
4. Понятия теплоты и работы в равновесной термодинамике. Неопределенность в понятии энергии.
5. Нулевое, 1-е, 2-е, 3-е начало термодинамики.
6. Метод термодинамических циклов равновесной термодинамики. Тепловая и холодильная машина.
7. Метод термодинамических потенциалов равновесной термодинамики.
8. Предмет изучения и научная парадигма энергодинамики. Пространственно неоднородная термодинамическая система.
9. Классификация сил и понятие результирующей силы в энергодинамике.
10. Основные постулаты (аксиомы) энергодинамики.
11. Классификация процессов в энергодинамике. Координаты состояния термодинамической системы. Теорема о числе независимых координат состояния термодинамической системы.
12. Параметры пространственной неоднородности в энергодинамике. Классы неравновесных процессов.

13. Энергия неоднородной изолированной системы как функция параметров неоднородности.
14. Парциальная энергия поливариантной термодинамической системы и принцип аддитивности парциальной энергии.
15. Парциальная энергия пространственно неоднородной системы. Таблицы выражений упорядоченных и неупорядоченных парциальных энергий (работ).
16. Введение понятия времени, потока энергии и потока энергоносителя в закон сохранения энергии.
17. Исключение диссипативных членов из уравнений баланса энергии.
18. Виды условий однозначности, дополняющих основное тождество энергодинамики.
19. Что нового привносит энергодинамика в учение об энергии.
20. Понятие энергодинамической силы как удельной силы, отнесенной к единице переносимого энергоносителя. Отличие активных сил от термодинамических сил релаксации.
21. Таблица аналитических выражений движущих сил разнородных процессов.
22. Энергоперенос и энергопревращение. Отличие работы переноса от работы превращения при использовании энергодинамических сил.
23. Аналитические выражения для неупорядоченного энергообмена.
24. Аналитические выражения для упорядоченного энергообмена.
25. Единство процессов переноса и преобразования энергии на основе представления Н.Умова закона сохранения энергии.
26. Универсальный показатель совершенства преобразователей энергии.
27. Абсолютный КПД как мера неравновесности источника энергии.
28. Мощностной КПД установки.
29. Антисимметрические соотношения взаимности для энергопревращения.
30. Критерии подобия процессов преобразования энергии

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

8.4. Структура и пример билета для зачёта с оценкой (1 семестр)

Зачёт с оценкой по дисциплине «*Моделирование технологических и природных систем*» проводится в 1 семестре и включает контрольные задания по разделам учебной программы дисциплины. Билет включает 2 теоретических вопроса.

Максимальная оценка – 40 баллов.

Пример билета для **зачёта с оценкой**:

"Утверждаю" Зав. каф. КХТП Глебов М.Б.	Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

«__» ____ 20__ г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

БИЛЕТ № 1

1. Термодинамическая система (ТС). Виды ТС. Состояние ТС и параметры состояния ТС. Уравнение состояния ТС. Функция состояния ТС. Равновесное состояние ТС. Примеры. (20 баллов)

2. Введение понятия времени, потока энергии и потока энергоносителя в закон сохранения энергии. (20 баллов)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. 1. Дорохов И.Н. Системный анализ природных и технологических процессов. Учеб. Пособие. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева. 2022. 260 с.

Б. Дополнительная литература

1. 1. Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Системный анализ процессов химической технологии. – 2-е изд., перераб. и доп., – Москва. Издательство Юрайт, 2020. 499с. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/455509> (дата обращения: 20.04.2024).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

– Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

– Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

– Журнал «Химическая промышленность сегодня» ISSN – 0023-110X;

– Журнал «Химическая технология» ISSN – 1684-5811;

– Журнал «Теоретические основы химической технологии» ISSN – 0040-3571;

– Журнал «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;

– Журнал «Программные продукты и системы» ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины (При необходимости)

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

– конспекты лекций в формате *.pdf – 16;

– демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям;

– предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows 7, Microsoft Office 2010).

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).

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), к вебинарам (Zoom, Discord, MSteams), групповой электронной почте, онлайн-конференции в Zoom, 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 составляет на 01.01.2023 года 1 727 628 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 *«Моделирование технологических и природных систем»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

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

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5. При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки. Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети 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 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.

11.5. 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	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. Термодинамические основы моделирования технологических и природных систем	<i>Знает:</i> – основные положения моделирования технологических и природных систем; – базовые понятия термодинамических и природных систем. <i>Умеет:</i> – применять методы моделирования технологических и природных систем для решения практических задач в химической технологии. <i>Владеет:</i> – концептуальными подходами к решению прикладных проблем с позиций моделирования технологических и природных систем.	Оценка на <i>зачёте</i>
Раздел 2. Моделирование неоднородных систем	<i>Знает:</i> – основные методы термодинамического анализа природных систем; – основы математического аппарата термодинамических систем. <i>Умеет:</i> – применять методы моделирования технологических и природных систем	Оценка на <i>зачёте</i>

	для решения практических задач в химической технологии. <i>Владеет:</i> – концептуальными подходами к решению прикладных проблем с позиций моделирования технологических и природных систем.	
Раздел 3. Основные положения теории скалярных и векторных полей	<i>Знает:</i> – основы математического аппарата термодинамических систем; – основные характеристики, классификацию и методы энергетического анализа природных систем. <i>Умеет:</i> – приемами построения концептуальных и модельных схем анализа для решения прикладных задач в химической технологии. <i>Владеет:</i> – приемами построения концептуальных и модельных схем анализа для решения прикладных задач в химической технологии.	Оценка на <i>зачёте</i>
Раздел 4. Принципы моделирования произвольных форм движения	<i>Знает:</i> – основные характеристики, классификацию и методы энергетического анализа природных систем. <i>Умеет:</i> – приемами построения концептуальных и модельных схем анализа для решения прикладных задач в химической технологии. <i>Владеет:</i> – приемами построения концептуальных и модельных схем анализа для решения прикладных задач в химической технологии.	Оценка на <i>зачёте</i>

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 высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– 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
«Моделирование технологических и природных систем»**

основной образовательной программы
28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа
«Материалы и технологии наноинженерии»
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»

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Методы оптимизации химико-технологических и
нанотехнологических систем»**

Направление подготовки – 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

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 «4» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Наноинженерия**, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии», 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 оптимизации химико-технологических и нанотехнологических систем** 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, вычислительной математики, физической химии, общей химической технологии, моделирования процессов в химической технологии, а также численных методов решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов.

Цель дисциплины – овладение магистрантами системно-аналитическими принципами, теоретическими основами и методами оптимизации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем.

Задачи дисциплины:

- изучение иерархической структуры химико-технологических систем, множеств варьируемых переменных и критериев для решения оптимизационных задач;
- изучение основных подходов к оптимизации химико-технологических систем;
- изучение принципа оптимальной организации химико-технологических систем;
- изучение методов оптимальной дифференциации функций системы между элементами;
- изучение стратегий решения оптимизационных задач;

Дисциплина «Методы оптимизации химико-технологических и нанотехнологических систем» преподаётся 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:**

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 критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действия.	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке

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				
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-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их	ПК-1.1. Знает современные методы, используемые при проведении научных исследований в области реализации принципов энерго- и ресурсосбережения и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы	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 С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
			ПК-1.2. Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований по ресурсосбережению и повышению эффективности в области профессиональной деятельности	
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью	Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и	ПК-2.2. Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от

определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	для проведения научно-исследовательских работ	04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (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 к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей энергоресурсоэффективности и рационального использования ресурсов в своей профессиональной деятельности	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 С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
			ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	
			ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

– принципы, теоремы и методы оптимизации сложных объектов химической технологии с непрерывным и периодическим режимом работы технологических аппаратов.

Уметь:

– практически применять приобретенные в процессе изучения дисциплины знания для решения задач оптимизации химико-технологических систем.

Владеть:

– вычислительной техникой, алгоритмами оптимизации и пакетами прикладных программ.

3. ОБЪЁМ 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:	1,89	68	51
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	1,42	51	38,25
Самостоятельная работа	2,11	76	57
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,11	76	57
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	Академ. часов			
		Всего	Лек-ции	ПЗ	СР
1.	Раздел 1. Особенности объекта оптимизации, варьируемые переменные, иерархия критериев, классификация подходов к оптимизации	4	2	-	2
1.1	Особенности химико-технологических систем	2	1	-	1
1.2	Классификация подходов к оптимизации химико-технологических систем	2	1	-	1
2.	Раздел 2. Элементы классического подхода к оптимизации ХТС	42	3	9	30
2.1	Постановка задачи оптимизации	9	0,5	2	6
2.2	Условная оптимизация	9	0,5	2	6
2.3	Методы геометрического и динамического программирования	16	1	3	12
2.4	Методы линейного и целочисленного программирования	9	1	2	6
3.	Раздел 3. Методы оптимальной организации систем	48	12	-	36
3.1	Основные положения и постулаты	16	4	-	12
3.2	Критерии организованности системы	12	3	-	9
3.3	Стратегии и алгоритмы решения оптимизационных задач	20	5	-	15
4.	Раздел 4. Решение практических оптимизационных задач	50	-	42	8
4.1	Вычислительные эксперименты по решению оптимизационных задач: газификация твердых горючих ископаемых	25	-	21	4
4.2	Вычислительные эксперименты по решению оптимизационных задач: конверсия синтез-газа	25	-	21	4
	ИТОГО	144	17	51	76
	Экзамен	36			
	ИТОГО	180			

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Особенности объекта оптимизации, варьируемые переменные, иерархия критериев, классификация подходов к оптимизации

1.1. Особенности химико-технологических систем. Множества варьируемых переменных в задачах энерго-ресурсосбережения в химико-технологических системах. Описание топологии систем.

1.2. Классификация подходов к оптимизации. Подходы к созданию энерго-ресурсосберегающих ХТС. Иерархия критериев.

Раздел 2. Элементы классического подхода к оптимизации ХТС

2.1. Постановка задачи оптимизации. Основные понятия. Формулировка задач одномерной и многомерной безусловной оптимизации. Классификация задач оптимизации. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функций одной и нескольких переменных. Формулировка задач линейного и целочисленного программирования.

2.2. Условная оптимизация. Понятие условного экстремума. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Задача оптимального распределения объема каскада реакторов

2.3. Методы геометрического и динамического программирования. Геометрическое программирование. Математическая формулировка принципа оптимальности в динамическом программировании. Задача оптимизации для каскада химических реакторов.

2.4. Методы линейного и целочисленного программирования. Понятие области решения. Симплекс-метод Данцига решения задачи линейного программирования. Метод искусственного базиса. Задача оптимальной организации производства продукции при ограничении запасов сырья. Пример решения задачи целочисленного программирования MILP.

Раздел 3. Методы оптимальной организации систем

3.1. Основные положения и постулаты. Понятие организованности системы. Развитие смысловых трактовок понятия энтропии. Основные положения и постулаты метода оптимальной организации систем. Иерархическая структура химико-технологической системы и ее представление с позиции теории информации.

3.2. Критерии организованности системы. Информационный и термодинамический КПД. Понятие фактора затрат. Весовой коэффициент.

3.3. Стратегии и алгоритмы решения оптимизационных задач. Вывод характеристики дифференциации функций ХТС. Оптимальная дифференциация функций многоцелевого процесса между потоками продуктов. Оптимальная организация системы в процессе ее элементного усложнения. Методы распределения затрат между потоками многопоточных элементов (теплообмен). Стратегия и алгоритм оптимальной организации ХТС с заданным типом и множеством элементов. Стратегия и алгоритм оптимальной организации ХТС в условиях неопределенности элементной и топологической структур.

Раздел 4. Решение практических оптимизационных задач

4.1. Вычислительные эксперименты по решению оптимизационных задач: газификация твердых горючих ископаемых. Постановка задачи. Оптимальная организация процесса.

4.2. Вычислительные эксперименты по решению оптимизационных задач: конверсия синтез-газа. Постановка задачи. Оптимальная организация процесса.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	принципы, теоремы и методы оптимизации сложных объектов химической технологии с непрерывным и периодическим режимом работы технологических аппаратов	+	+	+	+
	Уметь:				
2	практически применять приобретенные в процессе изучения дисциплины знания для решения задач оптимизации химико-технологических систем	+	+	+	+
	Владеть:				
3	вычислительной техникой, алгоритмами оптимизации и пакетами прикладных программ	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальные компетенции и индикаторы их достижения:</u>					
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК			

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
4	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действия.	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации	+	+	+	+
		УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
5	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их	ПК-1.1. Знает современные методы, использующиеся при проведении научных исследований в области реализации принципов энерго- и ресурсосбережения и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы	+	+	+	+
		ПК-1.2. Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований по ресурсосбережению и повышению эффективности в области профессиональной деятельности	+	+	+	+
6	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.2. Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ		+	+	+
7	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей энергоресурсоэффективности и рационального использования ресурсов в своей		+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
		профессиональной деятельности				
		ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов			+	+
		ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования материальных и энергетических ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности			+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	2.1	Оптимизация равновесных экзотермических реакций.	2
2	2.1	Оптимизация многосекционного адиабатического реактора.	2
3	2.2	Оптимизация многостадийных процессов.	3
4	2.3	Оптимизация периодического процесса фильтрации.	2
5	4.1	Оптимальная организация процесса газификации бурого угля.	21
6	4.2	Оптимальная организация процесса паровой конверсии синтеза газа.	21
		ИТОГО	51

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам;
- выполнение расчётно-графических работ согласно индивидуальному заданию;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- подготовку к сдаче зачёта 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

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольной работы (максимальная оценка 20 баллов), практических заданий (максимальная оценка 40 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

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

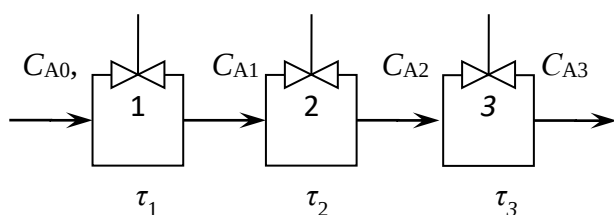
Для текущего контроля предусмотрена контрольная работа. Максимальная оценка за контрольную работу составляет 20 баллов.

Контрольная работа № 1

Задание 1 (10 баллов). Определить оптимальные значения переменных x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 , с тем, чтобы критерий достигал минимального значения $R = 6 - 2x_2 + x_3 \rightarrow \max$. Для решения применить симплекс-метод Данцига для задач линейного программирования.

Ограничения заданы в виде равенств:
$$\begin{cases} x_1 = 5 - x_2 - x_3 \\ x_4 = 4 - 2x_2 + x_3 \\ x_5 = 1 + 5x_2 - 2x_3 \end{cases}$$

Задание 2 (10 баллов). В каскаде реакторов идеального смешения протекает простая необратимая реакция второго порядка $A \rightarrow P$. Аппарат работает при изотермических условиях, температура одинакова во всех аппаратах. Требуется определить среднее время пребывания реакционной массы в каждом из аппаратов с тем, чтобы общее время пребывания реакционной массы в системе было минимальным. Задачу решить с помощью динамического программирования.



Заданные концентрации $CA_0 = 4$ моль/литр, $CA_3 = 0,5$ моль/литр, константа скорости.

$$k = 2 \left(\text{час}^{-1} \left(\frac{\text{моль}}{\text{л}} \right)^{-1} \right).$$

Уравнение материального баланса для реактора

$$\tau_i = \frac{C_{A,i-1} - C_{Ai}}{kC_{Ai}^2};$$

Критерий $\sum_i \tau_i \rightarrow \min$ (время пребывания смеси в реакторе).

8.2. Примеры вариантов практических заданий

Для текущего контроля выполнение 2 взаимосвязанных заданий:

- Практическое задание №5. Оптимальная организация процесса газификации угля;
- Практическое задание №6. Оптимальная организация процесса конверсии синтез-газа;

Практическое задание №5. Оптимальная организация процесса газификации угля.

Пример варианта 1 (15 баллов)

Дано:

Рассматривается процесс пылеугольной газификации по методу Копперс-Тотцек, протекающий при атмосферном давлении. Процесс является в данном случае первым технологическим звеном в производстве метанола и высших спиртов. Газифицирующими агентами в процессе Копперс-Тотцек являются кислород и водяной пар. В качестве сырья использовался подсушенный на стадии подготовки до пятипроцентной остаточной влажности бурый уголь Бородинского месторождения.

Изначально на микроуровне число степеней свободы равно четырем, что означает, что в задаче имеется четыре оптимизируемых переменных.

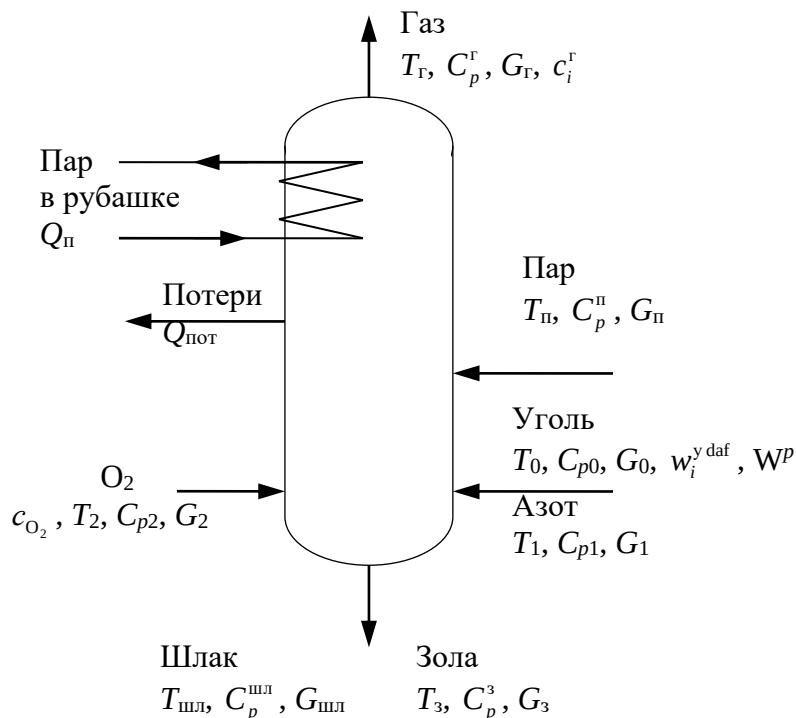
Если известны расходы и температуры газифицирующих агентов (G_2 , $G_{\text{п}}$, T_2 , $T_{\text{п}}$), то температуру $T_{\text{г}}$, состав синтез-газа и расход синтез-газа можно определить из уравнений математической модели.

Задача оптимизации является частью двухуровневой задачи, сформулированной следующим образом: для выбранного численно минимального значения весового коэффициента, обеспечивающего минимум критерия организованности, решалась задача подстройки параметров процесса газификации под данное значение показателя макроуровня.

Поэтому постановка задачи оптимизации на микроуровне в целом может быть представлена следующим образом:

$$\begin{cases} T_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{вх}} - T_{\text{вх}}}{\ln \frac{T_{\text{вх}}}{T_{\text{вх}}}} = \text{idem}, T_{\text{вх}} = \frac{\sum G_i^{\text{вх}} C_{pi}^{\text{вх}} T_i^{\text{вх}}}{\sum G_i^{\text{вх}} C_{pi}^{\text{вх}}} \\ G_2 + G_{\text{п}} = G_{\text{общ}} = \text{idem} \\ \frac{K}{\eta_T} \rightarrow \min \end{cases}$$

Первое условие характеризует средний температурный уровень процесса, который определяется входной температурой и температурой в зоне газификации и является ограничением (по условию задачи).



Исходные данные:

Таблица 1 – Исходные данные для расчета процесса

Уголь		Поток кислорода O ₂	
T ₀ , К	293	T ₂ , К	423
G ₀ , кг/ч	1000	G ₂ , кг/ч	655
W ^p , %	5	c _{O₂} , мол. %	98
Элементный состав угля w _i ^y , мас. % daf		c _{N₂} , мол. %	2
С	75	Азот (пневмотранспорт)	
О	20	T ₁ , К	293
Н	4	G ₁ , кг/ч	100
Н	1	Пар	
Шлак G _{шл} , кг/ч	76	T _п , К	473
Зола G _з , кг/ч	19	G _п , кг/ч	100

Условия для оптимизации: T_{ср} = 900,0 К, G_{общ} = 850,0 кг/ч.

Требуется выполнить:

На основе исходных данных:

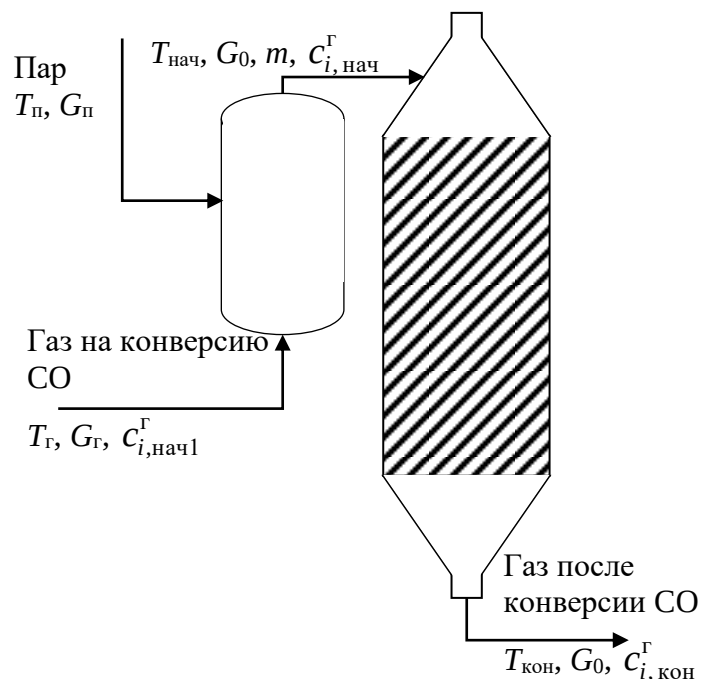
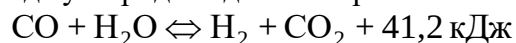
- 1) Рассчитать математическую модель процесса - определить расход и состав синтез-газа и температуру в зоне газификации;
- 2) Определить оптимальные параметры процесса газификации в соответствии с заданием.
- 3) Сделать выводы по работе. технологическое обосновать полученные результаты.

Практическое задание №6. Оптимальная организация процесса конверсии синтез-газа.

Вариант 1 (15 баллов)

Дано:

Рассматривается высокотемпературный процесс каталитической конверсии синтез-газа в одну стадию. Синтез-газ получен при газификации бурого угля. В процессе необходимо обеспечить требуемого соотношения ключевых компонентов в синтез-газе на выходе: H₂:CO. Основная реакция конверсии оксида углерода водяным паром – экзотермическая:



Задача оптимизации является частью двухуровневой задачи – решалась задача подстройки параметров процесса газификации под заданное значение показателя макроуровня.

Задачу оптимизации процесса конверсии на микроуровне можно сформулировать следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}}}{\ln \frac{T_{\text{кон}}}{T_{\text{нач}}}} = idem \\ G_{\text{г}} + G_{\text{п}} = idem \Leftrightarrow m = idem \\ \frac{dT}{dx} = \frac{Q_p c_{\text{CO,нач}}^{\text{г}}}{C_p^{\text{г}}} \Rightarrow T_{\text{кон}} = T_{\text{нач}} + \int_0^{x_{\text{кон}}} \frac{Q_p c_{\text{CO,нач}}^{\text{г}}}{C_p^{\text{г}}} dx \\ \frac{K}{\eta_{\text{г}}} \rightarrow \min \end{array} \right.$$

Исходные данные:

Синтез-газ, направляемый в реактор конверсии, имеет следующий состав (объемный состав в пересчете на нормальные условия – 1 атм, 20 °С):

CO	H ₂	CO ₂	N ₂	H ₂ O
1082,7 м ³ /ч	498,7 м ³ /ч	81,23 м ³ /ч	98,78 м ³ /ч	71,0 м ³ /ч

Массовый расход синтез-газа принят равным 1625 кг/ч.

Коэффициент избытка пара равен $m = 1,000$.

Средняя температура равна $T_{\text{ср}} = 400$ К.

Требуется выполнить:

На основе исходных данных:

- 1) Рассчитать математическую модель процесса;
- 2) Определить оптимальные параметры процесса конверсии при заданных ограничениях и наличии дополнительного требования к составу конечного продукта.
- 3) Сделать выводы по работе. технологическое обосновать полученные результаты.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен, 2 семестр)

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит три контрольных вопроса. Максимальная оценка за каждый теоретический вопрос №1 и №2 – **10 баллов**. Максимальная оценка за теоретический вопрос №3 – **20 баллов**.

Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Общая характеристика задач оптимизации.
2. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции многих переменных.
3. Оптимизация температурного режима реактора путем построения профиля.
4. Условный экстремум. Определение условного экстремума.
5. Оптимизация методом неопределенных множителей Лагранжа. Активные и пассивные ограничения.
6. Теорема о среднем. Задача геометрического программирования.
7. Решение оптимизационной задачи методом динамического программирования.
8. Задачи линейного программирования. Область решений.

9. Симплекс-метод Данцига для решения задачи линейного программирования.
10. Метод искусственного базиса при решении задачи линейного программирования.
11. Целочисленное программирование. MILP и MINLP.
12. Стохастическая оптимизация. Алгоритм имитации отжига (simulated annealing).
13. Уравнение Шеннона-Винера и его термодинамический аналог уравнение Гиббса-Гельмгольца. Основной вывод при сравнении уравнений.
14. На каком иерархическом уровне энтропия минимизируется и на каком - максимизируется?
15. С какими состояниями идентифицируется уровень отсчета для решения информационной задачи $N_{вых}=0$? Приведите примеры процессов.
16. Физический смысл нулевого начала термодинамики.
17. Исходные предпосылки для использования аппарата информационного анализа для процессов химического превращения.
18. Как учитываются альтернативы в организации химико-технологического процесса с позиции информационного подхода?
19. Можно ли получить информацию без затрат обобщенной работы?
20. Что такое информационный поток? Какую информацию он несет?
21. Исходные предпосылки для использования аппарата информационного анализа для газодинамических процессов.
22. В чем отличие статистической энтропии и энтропии информации?
23. Статистический и технологический смысл величины K .
24. Какое следствие вытекает из распределения Больцмана?
25. Физический смысл весового коэффициента.
26. Иерархическая структура ХТС.
27. Алгоритм оптимизации заданной элементной структуры ХТС.
28. Уровни отсчета реального и эталонного в решении информационной задачи.
29. Пределы изменения информационного КПД, количества информации, весового коэффициента.
30. В чем смысл представления первой модели информационного процесса?
31. Какой закон отвечает за оптимальное распределение весовых коэффициентов?
32. Физический смысл макроэнтропии.
33. Какие тенденции имеют макро- и микроэнтропии при организации ХТС?
34. Какие характеристики в большей степени влияют на организованность ХТС?
35. Что такое информационная модель исходов?
36. Из чего следует мультипликативность факторов затрат?
37. Алгоритм оптимизации «сверху-вниз».
38. Диаграмма распределения средних энергетических уровней.
39. Обобщенная флуктуация энергии.
40. Условие оптимальной организации многоцелевого процесса.
41. Физический смысл множителей Лагранжа в критериях усложнения ХТС.
42. Существо метода «выделения».
43. Существо «уравнительного метода».
44. Статистическая независимость исходов.
45. Оптимальная организация виртуальной системы, состоящей только из целевых процессов.

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

8.4. Структура и пример экзаменационного билета

Экзамен по дисциплине «Методы оптимизации химико-технологических и нанотехнологических систем» проводится во 2 семестре и включает контрольные вопросы по

всем разделам рабочей программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов и 1 задачи, относящихся к указанным разделам.

Пример экзаменационного билета:

"Утверждаю" Зав. каф. КХТП Глебов М.Б.	Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»
«__» _____ 20__ г.	

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

БИЛЕТ № 1

1. Теорема о среднем. Задача геометрического программирования. (10 баллов).
2. Стратегия и алгоритм оптимизации химико-технологической системы с заданным типом и множеством элементов на примере системы с реактором в общем виде. (10 баллов).
3. Алгоритм оптимизации процесса газификации, обоснование выбора варьируемых переменных, анализ тенденций их изменения, технологическая интерпретация результатов оптимизации (в рамках задания) (20 баллов).

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Налетов В.А., Налетов А.Ю. Основы проектирования технологии топлива и углеродных материалов. Части 1 и 2. Учеб. пособия. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2015. 208 с.
2. Налетов В.А., Налетов А.Ю., Глебов М.Б. Вычислительные эксперименты в области построения экотехнологий. Метод. Рекомендации. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2018. 46 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Гордеев Л.С., В.В. Кафаров, А.И. Бояринов Оптимизация процессов химической технологии. Учеб. Пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1972. 258 с.
2. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. М.: Химия. 1965. 564 с.
3. 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.
4. 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.
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.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению РГР.

Научно-технические журналы:

- 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 подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- конспекты лекций в формате *.pdf – 13;
- компьютерные презентации интерактивных лекций – 13, (общее число слайдов – 169);
- учебное пособие: Налетов В.А., Налетов А.Ю. Основы проектирования технологии топлива и углеродных материалов. Части 1 и 2. Учеб. пособия. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2015. 208 с.
- демонстрационные расчётные модули в EXCEL для ознакомления с методологией выполнения практических заданий № 5 и № 6;
- банк вариантов контрольных работ – 30;
- банк экзаменационных билетов – 30.

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 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 01.01.2024 составляет 1 559 436 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 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 16 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 для выполнения и контроля практических заданий.

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 в EXCEL для ознакомления с методологией выполнения практических заданий.

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	Контракт № 62-64ЭА/2013,	10	Бессрочно

	8.1 Professional Get Genuine	Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478		
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. Особенности объекта оптимизации, варьируемые переменные, иерархия критериев, классификация подходов к оптимизации	Знает: особенности объекта, множества варьируемых переменных, описание топологии объекта, критерии в задачах энерго-ресурсосбережения, основные подходы к оптимизации, их принципиальные отличия. Умеет: сформулировать задачи оптимизации, выбрать критерий, варьируемые параметры и обосновать выбор подхода к оптимизации. Владеет: постановками задач энерго-ресурсосбережения, методами термодинамики, физической химии, численными методами дифференцирования и интегрирования	Учитывается интегрально совместно с блоком 2. Оценка за контрольную работу № 1, задание №1 (наивысший балл – 10). Оценка на экзамене.
Раздел 2. Элементы классического подхода к оптимизации ХТС	Знает: формулировки задач одномерной и многомерной безусловной оптимизации, задачи условной многомерной оптимизации, задач линейного и целочисленного программирования. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функций одной и нескольких переменных. Условный экстремум. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Математическую формулировку принципа оптимальности в динамическом программировании. Формулировку принципа максимума. Умеет: применять спектр оптимизационных задач на практике для целей энерго-ресурсосбережения ХТС. Владеет: методами численного решения систем линейных алгебраических уравнений, методом наименьших квадратов, методикой автоматизированной обработки экспериментальных данных в Excel.	Интегральная оценка совместно с модулем 1. Оценка за контрольную работу № 1, задание №1 (наивысший балл – 10). Оценка на экзамене.
Раздел 3. Методы оптимальной организации систем	Знает: Основные положения и постулаты метода оптимальной организации систем. Иерархическую структуру химико-технологической системы и ее представление с позиции теории информации. Информационный и термодинамический КПД. Весовой коэффициент и критерий организованности системы. Варианты	Оценка за контрольную работу № 1, задание № 2 (наивысший балл – 10). Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	оптимальной дифференциации функций ХТС между ее элементами. Стратегии и алгоритмы решения оптимизационных задач. Умеет: сформулировать задачу оптимальной организации системы в зависимости от исходной информации, выбрать стратегию решения задачи, сформировать алгоритм ее решения. Владеет: методикой расчета энтропии информации, статистического веса, весового коэффициента, термодинамического КПД, критерия макроэнтропии, усложнения системы, методами распределения затрат: уравнительным и выделения.	
Раздел 4. Решение практических оптимизационных задач	Знает: технологические аспекты технологий, представленных в рамках практических заданий, математическое описание процессов, стратегию решения оптимизационных задач. Умеет: использовать численные методы для решения задач из области химической технологии, строить автоматизированные модули в Excel для реализации математических моделей процессов химической технологии. Владеет: методикой расчёта критерия организованности в Excel, методикой поиска оптимального решения, методом поочерёдного изменения варьируемых переменных, навыками разработки модулей для реализации математических моделей процессов химической технологии.	Оценка за практ. занятия № 5 и 6 (наивысший балл – 40). 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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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

«Методы оптимизации химико-технологических и нанотехнологических систем»

основной образовательной программы

28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа

«Материалы и технологии наноинженерии»

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»

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы нелинейной динамики в нанопроцессах»

Направление подготовки – 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

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 «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии», 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 нелинейной динамики в нанопроцессах» 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, вычислительной математики, физической химии, общей химической технологии, моделирования процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, а также численных методов решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов.

Цель дисциплины – приобретение теоретических знаний и практических навыков использования современных методов анализа нелинейных систем для решения широкого круга задач исследования и прогнозирования тенденций протекания процессов различной природы, включая процессы химической технологии, биотехнологии и нанотехнологии.

Задачи дисциплины:

- обучение теоретическим основам и методам неравновесной термодинамики, качественной теории дифференциальных уравнений, бифуркационного анализа;
- обучение теоретическим методам и практическим навыкам исследования устойчивости протекания химико-технологических, биотехнологических и нанотехнологических процессов;
- обучение практическим навыкам анализа причин возникновения диссипативных структур;
- обучение практическим навыкам исследования возможных путей эволюции химико-технологических, биотехнологических и нанотехнологических процессов на основе их математических моделей;
- ознакомление с основами теории хаоса.

Дисциплина «Методы нелинейной динамики в нанопроцессах» преподаётся 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 **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				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

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
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов нанотехнологии	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

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
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 593н. Обобщенная трудовая функция D: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- теоретические основы качественной теории дифференциальных уравнений, теории бифуркаций, теории хаоса, неравновесной термодинамики;
- типы неподвижных точек и методы их определения;
- основные типы бифуркаций в нелинейных системах;
- сценарии возникновения в нелинейных системах колебательных и хаотических режимов и их характерные особенности;
- методы термодинамического анализа открытых физико-химических систем.

Уметь:

- определять неподвижные точки систем и их тип;
- строить фазовые портреты двумерных систем;
- проводить термодинамический анализ открытых физико-химических систем с целью выявления дестабилизирующих процессов;
- прогнозировать эволюцию физико-химических систем на основе их математических моделей.

Владеть:

- методами исследования устойчивости линейных и нелинейных систем;
- практическими навыками использования современных вычислительных технологий для прогнозирования эволюции физико-химических систем;
- навыками визуализации результатов прогнозирования;
- навыками выявления возможных сценариев эволюции систем по их глобальным фазовым портретам.

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:	1,42	51	38,25
Лекции	0,47	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,95	34	25,5
Самостоятельная работа	2,58	93	69,75
Контактная самостоятельная работа	2,58	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,75
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек-ции	ЛР	СР
1.	Раздел 1. Качественная теория дифференциальных уравнений	46	5	11	30
1.1	Неподвижные точки систем	16	2	4	10
1.2	Нелинейные двумерные системы	8	1	2	5
1.3	Автоколебательные режимы в нелинейных системах	8	1	2	5
1.4	Нелинейные системы с множественностью устойчивых стационарных состояний	14	1	3	10
2.	Раздел 2. Элементы бифуркационного анализа и теории хаоса	62	8	14	40
2.1	Бифуркации	15	2	3	10
2.2	Основные типы бифуркаций в двумерных системах	16	2	4	10
2.3	Бифуркация удвоения периода	16	2	4	10
2.4	Странные аттракторы	9	1	2	6
2.5	Элементы теории хаоса	6	1	1	4
3.	Раздел 3. Основы термодинамики неравновесных процессов	36	4	9	23
3.1	Введение в неравновесную термодинамику	7	1	1	5
3.2	Термодинамика линейных необратимых систем	9	1	3	5
3.3	Термодинамика нелинейных необратимых систем	20	2	5	13
	ИТОГО	144	17	34	93

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Качественная теория дифференциальных уравнений

1.1. Неподвижные точки систем.

Понятия фазового пространства, фазовой точки, траектории, фазового портрета системы, неподвижной точки. Типы устойчивости неподвижных точек. Неподвижные точки одномерных систем и методика их анализа. Линейные и нелинейные двумерные системы. Типы неподвижных точек линейных двумерных систем. Первый метод Ляпунова. Примеры исследования устойчивости линейных двумерных систем.

1.2. Нелинейные двумерные системы.

Особенности нелинейных систем. Понятия глобального фазового портрета нелинейной системы и локального фазового портрета в окрестности неподвижной точки. Методика линеаризации нелинейных систем. Теорема о линеаризации. Примеры исследования устойчивости нелинейных систем.

1.3. Автоколебательные режимы в нелинейных системах.

Понятие предельного цикла. Типы предельных циклов. Отличия предельных циклов от нейтрально устойчивых неподвижных точек. Методы исследования систем с предельными циклами. Теорема Пуанкаре–Бенедиксона. Примеры анализа систем с предельными циклами. Структурная устойчивость систем. Понятие флуктуации.

1.4. Нелинейные системы с множественностью устойчивых стационарных состояний.

Особенности нелинейных систем с множественностью устойчивых стационарных состояний. Понятие границы областей притяжения устойчивых стационарных состояний системы. Понятие погрешности задания начальных условий физических систем. Возможности прогнозирования эволюции систем с множественностью устойчивых стационарных состояний с

учётом внешних случайных воздействий на систему. Модель ферментативного процесса с субстратным ингибированием, как пример нелинейной системы с множественностью устойчивых стационарных состояний. Подробный анализ данной системы.

Раздел 2. Элементы бифуркационного анализа и теории хаоса

2.1. Бифуркации.

Структура математических моделей систем. Понятие управляющих параметров. Виды воздействия изменения значений управляющих параметров на систему. Понятия бифуркации и точки бифуркации. Бифуркационный анализ модели ферментативного процесса с субстратным ингибированием. Бифуркационная память систем. Прогнозирование возможных бифуркаций в системах.

2.2. Основные типы бифуркаций в двумерных системах.

Бифуркация седло-узел. Неподвижная точка седло-узел. Характерные особенности поведения систем при бифуркации седло-узел. Бифуркация седло-узел с жёсткой и мягкой потерей устойчивости. Примеры анализа систем, в которых наблюдается бифуркация седло-узел. Бифуркация Андронова-Хопфа. Характерные особенности поведения систем при бифуркации Андронова-Хопфа. Примеры анализа систем, в которых наблюдается бифуркация Андронова-Хопфа.

2.3. Бифуркация удвоения периода.

Непрерывные и дискретные системы. Логистическое уравнение Ферхюльста в непрерывной и дискретной формах. Анализ области допустимых значений параметра логистического уравнения. Неподвижные точки логистического уравнения в непрерывной форме. Неподвижные точки дискретного логистического уравнения. Методика анализа устойчивости неподвижных точек дискретных систем. Возникновение циклов в дискретных системах. Бифуркация удвоения периода. Хаос как результат бесконечного усложнения порядка системы. Теория универсальности Фейгенбаума. Связь каскада бифуркаций удвоения периода с накоплением расчётной ошибки в явных разностных схемах. Философия восприятия мира как непрерывной и как дискретной системы.

2.4. Странные аттракторы.

Понятие странного аттрактора. Понятие невозможности прогнозирования поведения систем со странными аттракторами. Система Лоренца. Неподвижные точки системы Лоренца. Эволюция в системе Лоренца. Аттрактор Лоренца. Система Рёсслера. Эволюция в системе Рёсслера. Аттрактор Рёсслера. Характерные особенности эволюции систем со странными аттракторами.

2.5. Элементы теории хаоса.

Понятие детерминированного хаоса. Характерные особенности поведения систем с детерминированным хаосом. Демонстрация хаотических режимов в нелинейных системах.

Раздел 3. Основы термодинамики неравновесных процессов

3.1. Введение в неравновесную термодинамику.

Краткий исторический очерк о развитии основ научного представления о необратимых процессах. Открытые и закрытые системы. Термодинамические потоки и движущие силы. Производство энтропии – диссипативная функция термодинамических систем. Свойства диссипативной функции.

3.2. Термодинамика линейных необратимых систем.

Соотношения взаимности Онзагера. Явление термодиффузии и диффузионный термоэффект. Устойчивость стационарных состояний термодинамических систем. Принцип минимума производства энтропии. Функция Ляпунова. Второй метод Ляпунова. Однозначность эволюции линейных необратимых систем.

3.3. Термодинамика нелинейных необратимых систем.

Неоднозначность эволюции нелинейных необратимых систем. Функция Ляпунова для систем вдали от равновесия. Принципы термодинамического анализа. Химические и биохимические осцилляторы. Задачи о тепловой и концентрационной устойчивости химико-технологических и биотехнологических процессов.

Обобщение математического и термодинамического подходов к исследованию поведения и эволюции систем.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:				
1	теоретические основы качественной теории дифференциальных уравнений, теории бифуркаций, теории хаоса, неравновесной термодинамики		+	+	+
2	типы неподвижных точек и методы их определения		+		
3	основные типы бифуркаций в нелинейных системах			+	
4	сценарии возникновения в нелинейных системах колебательных и хаотических режимов и их характерные особенности		+	+	
5	методы термодинамического анализа открытых физико-химических систем				+
	Уметь:				
6	определять неподвижные точки систем и их тип		+		
7	строить фазовые портреты двумерных систем		+	+	
8	проводить термодинамический анализ открытых физико-химических систем с целью выявления дестабилизирующих процессов				+
9	прогнозировать эволюцию физико-химических систем на основе их математических моделей		+	+	+
	Владеть:				
10	методами исследования устойчивости линейных и нелинейных систем		+	+	+
11	практическими навыками использования современных вычислительных технологий для прогнозирования эволюции физико-химических систем		+	+	
12	навыками визуализации результатов прогнозирования		+	+	
13	навыками выявления возможных сценариев эволюции систем по их глобальным фазовым портретам			+	
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-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.2. Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	+	+	
15	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.2. Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	+	+	+
16	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с	ПК-4.2. Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	использованием современной вычислительной техники			

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине не предусмотрены.

6.2. Лабораторные занятия

№	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных занятий	Часы
1	1.1	Неподвижные точки и их устойчивость. Первый метод Ляпунова. Решение задач. Построение фазовых портретов двумерных линейных систем.	4
2	1.2	Линеаризация нелинейных систем. Решение задач.	2
3	1.3	Исследование систем с предельными циклами.	2
4	1.4	Построение фазовых портретов двумерных нелинейных систем с множественностью устойчивых стационарных состояний.	3
5	2.1	Бифуркации в нелинейных системах с управляющими параметрами. Построение фазовых портретов двумерных нелинейных систем, в которых наблюдаются бифуркации. Анализ проявления бифуркационной памяти.	3
6	2.2	Исследование систем с типовыми бифуркациями (седло-узел и Андронова-Хопфа). Решение задач. Построение и анализ фазовых портретов систем.	4
7	2.3	Исследование устойчивости неподвижных точек одномерного логистического отображения. Исследование циклов одномерного логистического отображения. Построение и анализ параметрического портрета исследуемой системы.	4
8	2.4	Исследование системы Лоренца. Построение и анализ двумерных проекций фазового портрета системы, отражающих эволюцию в системе.	2
9	2.5	Анализ характерных особенностей поведения систем с детерминированным хаосом на конкретных примерах.	1
10	3.1	Открытые термодинамические системы. Потоки и движущие силы (примеры, взаимосвязь). Диссипативная функция термодинамических систем (структура, свойства).	1
11	3.2	Термодинамика линейных необратимых систем. Соотношения взаимности Онзагера (примеры). Устойчивость стационарных состояний. Принцип минимума производства энтропии (доказательство).	2
12	3.2	Применение принципа минимума производства энтропии в задачах химической технологии.	1
13	3.3	Термодинамика нелинейных необратимых систем. Применение методов термодинамического анализа для исследования устойчивости реакционных схем.	3

№	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных занятий	Часы
14	3.3	Исследование автокаталитических биохимических реакций. Примеры решения задач о тепловой и концентрационной устойчивости химико-технологического процесса.	2
		ИТОГО	34

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам;
- выполнение расчётно-графических работ согласно индивидуальному заданию;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- подготовку к сдаче зачёта 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 30 баллов), расчётно-графических работ (максимальная оценка 30 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

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы. Максимальная оценка за контрольные работы составляет 30 баллов (17 баллов за работу № 1 и 13 баллов за работу № 2).

Контрольная работа № 1

Контрольная работа № 1 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделам № 1 и № 2. Тема работы: «**Определение типа неподвижных точек; исследование систем с предельными циклами; бифуркационный анализ систем**».

Контрольная работа № 1 состоит из **6 заданий**. Задание № 1 оценивается **2 баллами**, задания №№ 2–6 – **3 баллами** каждое.

Пример варианта контрольной работы № 1 (17 баллов)

Задание 1 (2 балла). В реакторе идеального смешения протекает реакция $2X \rightarrow C$. Для уравнения, описывающего данный процесс, найти неподвижные точки и определить их тип ($b = 4$, $x_0 = 8$, $k = 1$):

$$\frac{dx}{dt} = -kx^2 + b(x_0 - x).$$

Задание 2 (3 балла). Для системы уравнений, описывающей обратимую реакцию в реакторе идеального смешения $2X \rightleftharpoons Y$, определить неподвижные точки и их тип ($k_1 = 1$, $k_{-1} = 1$, $b = 2$, $x_0 = 6$):

$$\frac{dx}{dt} = -k_1x^2 + b(x_0 - x) + k_{-1}y, \quad \frac{dy}{dt} = k_1x^2 - k_{-1}y - by.$$

Задание 3 (3 балла). Для заданной системы уравнений определить неподвижные точки и их тип:

$$\frac{dx}{dt} = 2xy - 4x \quad \frac{dy}{dt} = y - 2x.$$

Задание 4 (3 балла). Для заданной системы уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{2}{3}x + \frac{3}{4}y + \frac{3}{8}x(x^2 + y^2) \quad \frac{dy}{dt} = -\frac{3}{4}x - \frac{2}{3}y + \frac{3}{8}y(x^2 + y^2)$$

- найти неподвижную точку и определить её тип,
- используя полярные координаты, найти предельный цикл,
- построить глобальный фазовый портрет.

Задание 5 (3 балла). Провести бифуркационный анализ заданной системы:

$$\frac{dx}{dt} = 2x^2 - 3\alpha x + \alpha^2 + \frac{1}{2}$$

- найти неподвижные точки и определить их тип при разных значениях α ,
- определить бифуркационные значения α .

Задание 6 (3 балла). Провести бифуркационный анализ заданной системы:

$$x_{j+1} = \frac{3}{28}\alpha x_j(1 - x_j^7)$$

- найти неподвижные точки,
- для каждой неподвижной точки определить интервал значений параметра α , соответствующий области устойчивости точки.

Контрольная работа № 2

Контрольная работа № 2 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 3. Тема работы: «**Методы термодинамического анализа в задачах химической технологии и при анализе биохимических процессов**».

Контрольная работа № 2 состоит из **3 заданий**. Задание № 1 оценивается **5 баллами**, задание № 2 – **2 баллами**, задание № 3 – **6 баллами**.

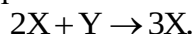
Пример варианта контрольной работы № 2 (13 баллов)

Задание 1 (5 баллов). В некоторой линейной системе действует 4 силы, причём X_1 , X_2 , X_3 – векторы, а X_4 – скаляр. Система находится в состоянии стационарности 2-го порядка. Для заданной системы:

- записать условия стационарности,

- записать соотношения Онзагера,
- вывести формулу для производства энтропии,
- сформулировать и доказать необходимое условие теоремы о минимуме производства энтропии.

Задание 2 (2 балла). В проточном реакторе с мешалкой протекает химическая реакция:



Производная термодинамической функции Ляпунова (для случая $\delta y = 0$) имеет вид:

$$\int_V \frac{\partial}{\partial t} \rho \delta S dV = R v_q x \left(\frac{\delta x}{x} \right)^2 - R v_q x_0 \left(\frac{\delta x_0}{x_0} \right)^2 + K_T F_s \left(\frac{\delta T}{T} \right)^2 + \rho C_T v_q \left(\frac{\delta T}{T} \right)^2 + \\ + V \left(-2wR \left(\frac{\delta x}{x} \right)^2 - (E + 2Q)w \frac{\delta x}{x} \frac{\delta T}{T^2} - \frac{E Q w}{RT^2} \left(\frac{\delta T}{T} \right)^2 \right).$$

Определить условие на время пребывания в реакторе, выполнение которого гарантирует концентрационную устойчивость режима по компоненту X. При решении принять, что тепловая устойчивость системы выполняется, и пульсации во входном потоке отсутствуют: $\delta x_0 = \delta T = 0$.

Задание 3 (6 баллов). Вывести выражение для производной термодинамической функции Ляпунова для системы из задания № 2 (при выводе учитывать только $\delta x, \delta T$) и на его основе провести термодинамический анализ системы (анализ стабилизирующих и дестабилизирующих эффектов).

8.2. Темы и примеры расчётно-графических работ для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 расчётно-графические работы (РГР), в которых используется сквозная нумерация заданий. Максимальная оценка за РГР составляет 30 баллов (10 баллов за РГР № 1, 11 баллов за РГР № 2 и 9 баллов за РГР № 3).

РГР № 1

РГР № 1 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 1. Тема РГР: **«Исследование линейных и нелинейных систем: расчёт с помощью численных методов, построение фазовых портретов и сопоставление с результатами теоретического анализа».**

РГР № 1 состоит из 4 заданий. Задания №№ 1–3 оцениваются 2 баллами каждое, задание № 4 – 4 баллами.

Пример варианта РГР № 1 (10 баллов)

Общие требования к заданиям № 1, 2, 3. Для заданной системы уравнений:

- найти неподвижную точку;
- построить фазовый портрет, подобрав начальные условия, шаг по времени Δt и масштаб таким образом, чтобы тип точки и её координаты на графике были очевидны (чтобы грамотно показать неустойчивую координату в задании № 2, начальные условия следует задавать как можно ближе к ней);
- для одного из выбранных начальных условий построить динамику системы (т.е., зависимости $x(t)$ и $y(t)$) таким образом, чтобы поведение системы в окрестности неподвижной точки и её координаты были очевидны.

Задание 1 (2 балла). В реакторе идеального смешения непрерывного действия протекают реакции по схеме: $X \xrightarrow{k_1} Y \xrightarrow{k_2} P$. Математическая модель реактора имеет вид:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{\tau}(x_0 - x) - k_1 x, \quad \frac{dy}{dt} = -\frac{1}{\tau}y + k_1 x - k_2 y.$$

Значения параметров процесса: $x_0 = 1.7$, $k_1 = 1.2$, $k_2 = 0.5$, $\tau = 2$.

Для решения использовать явную схему Эйлера. Количество начальных условий, необходимых для построения фазового портрета: не менее 8.

Задание 2 (2 балла). Система уравнений: $\frac{dx}{dt} = -2x + 2.4$; $\frac{dy}{dt} = 2.5y - 5$.

Для решения использовать явную схему Эйлера. Количество начальных условий, необходимых для построения фазового портрета: не менее 8.

Задание 3 (2 балла). Математическая модель процесса кристаллизации в реакторе имеет вид:

$$\frac{d\mu_0}{dt} = k\mu_1 - b + q, \quad \frac{d\mu_1}{dt} = \mu_0(\eta_1 - \eta_2) + d,$$

где μ_0 – нулевой момент функции распределения кристаллов по размерам, характеризующий общее количество частиц в единице объёма реактора; μ_1 – первый момент функции распределения, характеризующий суммарный линейный размер кристаллов; k – константа скорости образования зародышей; b – скорость отбора зародышей; q – скорость пополнения крупными частицами; η_1 – скорость роста кристаллов; η_2 – скорость растворения кристаллов; d – суммарный линейный размер поступающих частиц. Значения параметров процесса:

$$k = 2.5, \quad b = 6.5, \quad q = 1.5, \quad \eta_1 = 1, \quad \eta_2 = 2, \quad d = 2.5.$$

Для решения использовать явную схему Эйлера. Количество начальных условий: не менее 2.

Задание 4 (4 балла). В реакторе идеального смешения непрерывного действия протекает ферментативный процесс по схеме:



где E – фермент (прикрепляется неподвижно на сетке), S – субстрат (подаётся протоком), ES , SES – промежуточные комплексы, P – продукт ферментативного синтеза. Первая реакция описывает преобразование субстрата в продукт через образование промежуточного фермент-субстратного комплекса; вторая реакция – пассивацию фермент-субстратного комплекса при избытке субстрата (т.е. субстратное ингибирование ферментативного процесса). Математическая модель процесса при условии постоянства суммарной концентрации всех форм фермента имеет вид:

$$\frac{dS}{dt} = S_0 D - SD - W, \quad \frac{dP}{dt} = -PD + W, \quad W = \frac{kE_0 S}{K_S + S + K_I S^2},$$

где S_0 – концентрация субстрата в питающем потоке, E_0 – начальная концентрация фермента, D – скорость разбавления (величина, обратная времени пребывания), K_I – константа субстратного ингибирования. Значения параметров процесса:

$$S_0 = 14, \quad D = 0.2, \quad k = 6.5, \quad E_0 = 1, \quad K_S = 1, \quad K_I = 0.5.$$

Требуется: найти неподвижные точки (для этого допускается использование численных методов) и построить глобальный фазовый портрет системы, подобрав начальные условия, шаг по времени Δt и масштаб таким образом, чтобы тип точек и их координаты на графике были очевидны. Для численного решения системы использовать явную схему Эйлера.

Количество начальных условий, необходимых для построения фазового портрета: не менее 12.

РГР № 2

РГР № 2 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 2. Тема РГР: «Исследование систем с типовыми бифуркациями (седло-узел и Андронова-Хопфа): расчёт с помощью численных методов, построение фазовых портретов и сопоставление с результатами теоретического анализа».

РГР № 2 состоит из 2 заданий (№ 5 и № 6 в общем списке заданий для РГР). Задание № 5 оценивается 8 баллами, задание № 6 – 3 баллами.

Пример варианта РГР № 2 (11 баллов)

Задание 5 (8 баллов). Провести бифуркационный анализ системы уравнений из задания № 4 (работа № 1), выбрав в качестве управляющего параметра D . С помощью численного исследования системы определить оба бифуркационных значения α_0 с точностью до 4-го знака после запятой и построить для каждой бифуркации фазовые портреты при: а) $D = \alpha_0 - \Delta\alpha$,

б) $D = \alpha_0$, в) $D = \alpha_0 + \Delta\alpha$. Итого 6 фазовых портретов. $\Delta\alpha$ выбрать самостоятельно, исходя из требования качественной демонстрации на фазовых портретах бифуркационной памяти изучаемой системы. Для численного решения системы использовать явную схему Эйлера. Количество начальных условий, необходимых для построения каждого фазового портрета: не менее 12.

Провести аналогичный бифуркационный анализ системы, выбрав в качестве управляющего параметра S_0 .

Задание 6 (3 балла). Для системы уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = 3\alpha x - 15y - 2x(x^2 + y^2), \quad \frac{dy}{dt} = 15x + 3\alpha y - 2y(x^2 + y^2)$$

при следующих значениях управляющего параметра α : а) -6 , б) -1.5 , в) 1.5 , г) 6 , найти неподвижные точки; построить фазовые портреты, подобрав начальные условия (для а – не менее 3; для б – не менее 2; для в и г – внутри и вне предельного цикла), шаг Δt и масштаб таким образом, чтобы типы точек, их координаты, а также тип предельного цикла и его радиус (в случаях в и г) были очевидны. Для решения использовать явную схему Эйлера.

РГР № 3

РГР № 3 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 2. Тема РГР: «Исследование систем с хаотическими режимами (система Лоренца, одномерное отображение): расчёт с помощью численных методов, построение фазовых и параметрических портретов и сопоставление с результатами теоретического анализа».

РГР № 3 состоит из 2 заданий (№ 7 и № 8 в общем списке заданий для РГР). Задание № 7 оценивается 3 баллами, задание № 8 – 6 баллами.

Пример варианта РГР № 3 (9 баллов)

Задание 7 (3 балла). Для системы уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = \sigma y - \sigma x, \quad \frac{dy}{dt} = rx - y - xz, \quad \frac{dz}{dt} = xy - bz$$

Построить проекцию фазового портрета на координатную плоскость (x, z) при следующих значениях управляющих параметров и начальных условиях: $\sigma = 10$, $b = 2.7$,

- а) $r = 0$, $x_0 = 5$, $y_0 = 5$, $z_0 = \bar{z} + dz_0$, $dz_0 = 5, 15, 30, 50$ (на одном графике);
- б) $r = 5$, $x_0 = \bar{x}$, $y_0 = \bar{y}$, $z_0 = \bar{z} + dz_0$, $dz_0 = 5, 15, 30, 50$ (на одном графике);
- в) $r = 5$, $x_0 = \bar{x}$, $y_0 = \bar{y}$, $z_0 = \bar{z} + dz_0$, $dz_0 = 9.1, 9.2$ (на одном графике);
- г) $r = 15$, $x_0 = \bar{x}$, $y_0 = \bar{y}$, $z_0 = \bar{z} + dz_0$, $dz_0 = 5, 15, 40, 70$ (на одном графике);
- д) $r = 15$, $x_0 = \bar{x}$, $y_0 = \bar{y}$, $z_0 = \bar{z} + dz_0$, $dz_0 = 11.8, 11.81, 11.82, 11.83$ (на разных графиках);
- е) $r = 25$, $x_0 = \bar{x}$, $y_0 = \bar{y}$, $z_0 = \bar{z} + dz_0$, $dz_0 = 28$.

Шаг по времени $\Delta t = 0,002$. Использовать полуявную схему Эйлера. Количество расчётных точек – не менее 8000.

Задание 8 (6 баллов). Отображение: $x_{j+1} = \frac{1}{2}\alpha x_j(1 - \sqrt{x_j})$; $\alpha \in [0, 13.5]$.

1. Исследовать расчётно-графическим способом поведение функции $x_j = f(j)$ в зависимости от значений α . Построить точечные графики зависимости $x_j = f(j)$ (не менее 14), подобрав для них значения α таким образом, чтобы показать основные этапы эволюции поведения изучаемой системы. В качестве начального условия выбрать $x_0 = 0.6$.

2. Построить параметрический портрет системы: график $\bar{x}_n = f(\alpha)$ для $\alpha \in [0, 13.5]$, рекомендуемый шаг по α – 0.05.

$\bar{x}_n$ – значения, которые может принимать зависимость $x_j = f(j)$ после установления в системе характерного поведения (т.е., после окончания периода разгона системы – приблизительно после 50–70 итераций). В случае если система имеет более одного конечного состояния при

определённом α , в качестве $\bar{x}_n$ следует использовать не менее 50 последовательных итераций (пропустив период разгона системы).

3. Определить с высокой точностью значение α , при котором происходит 2-е раздвоение (оно понадобится при оформлении отчёта).

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачёт с оценкой, 2 семестр)

Билет включает контрольные вопросы и задачи по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет содержит два контрольных вопроса и одну задачу. Максимальная оценка за каждый контрольный вопрос – **15 баллов**. Максимальная оценка за задачу – **10 баллов**. Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – **40 баллов**.

Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Открытые и закрытые системы. Термодинамические потоки и движущие силы. Диссипативная функция термодинамических систем (структура, свойства).
2. Соотношения взаимности Онзагера. Понятие линейной системы. Принцип Кюри. Принцип симметрии феноменологических коэффициентов. Эффекты Соре и Дюфура.
3. Стационарные состояния. Понятие устойчивости стационарного состояния системы. Понятие функции Ляпунова. Второй метод Ляпунова исследования устойчивости систем. Принцип минимума производства энтропии для систем, близких к равновесию.
4. Доказательство принципа минимума производства энтропии.
5. Понятие систем, удалённых от равновесия. Понятие функции Ляпунова. Второй метод Ляпунова исследования устойчивости систем. Функция Ляпунова для систем, удалённых от равновесия, и её производная. Избыточное производство энтропии. Методика выявления процессов, стабилизирующих и дестабилизирующих систему.
6. Методика анализа устойчивости химических реакторов. Изменение избытка энтропии за счёт теплообмена и массообмена реактора с окружающей средой. Методика вывода избыточного производства энтропии химического реактора.
7. Термодинамический анализ устойчивости химико-технологического процесса.
8. Термодинамический анализ концентрационной устойчивости автокаталитических биохимических процессов.
9. Анализ устойчивости процессов кристаллизации малорастворимых и хорошо растворимых веществ.
10. Понятие фазовой плоскости, фазовой траектории, неподвижной точки. Устойчивые и неустойчивые точки в пространстве $n = 1$ (построить примеры).
11. Классификация неподвижных точек для линейной дифференциальной системы при $n = 2$.
12. Неподвижные точки – узел (устойчивый и неустойчивый) и седло: сравнение исследования по 1-му методу Ляпунова с решением системы.
13. Неподвижные точки – фокус (устойчивый и неустойчивый) и центр: сравнение исследования по 1-му методу Ляпунова с решением системы.
14. Теорема о качественной эквивалентности решений нелинейной системы уравнений и её линейного приближения в окрестности неподвижной точки. Методика линеаризации нелинейных систем уравнений.
15. Понятие предельного цикла. Пример на построение предельного цикла. Типы предельных циклов. Понятие структурной устойчивости колебаний в системах с предельными циклами. Привести примеры.
16. Колебания в двумерном пространстве. Структурная устойчивость колебаний. Примеры математических моделей, описывающих колебания.
17. Нелинейные системы с множественностью устойчивых стационарных состояний (на примерах математических моделей биотехнологии).

18. Понятия бифуркации, бифуркационного параметра. Бифуркация типа "седло-узел". Бифуркационная память.
19. Понятия бифуркации, бифуркационного параметра. Бифуркация Андронова–Хопфа. Необходимый признак этого типа бифуркации.
20. Порядок и хаос в одномерных отображениях. Универсальность Фейгенбаума.
21. Неподвижные точки дискретного логистического уравнения. Устойчивость неподвижных точек. Графическая иллюстрация устойчивости неподвижных точек.
22. Понятие странного аттрактора. Эволюция в системе Лоренца.

Примеры задач для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Определить неподвижные точки и их тип для системы уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = 3x - x^2 \quad \frac{dy}{dt} = xy - 2y$$

2. Для заданного уравнения найти неподвижные точки и определить их тип:

$$\frac{dx}{dt} = x^2(x+2)(x-2)$$

3. Для заданной системы уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = 14.7x + 4.2y - 1.2x(x^2 + y^2) \quad \frac{dy}{dt} = -4.2x + 14.7y - 1.2y(x^2 + y^2)$$

1) найти неподвижную точку и определить её тип, 2) используя полярные координаты, найти предельный цикл, 3) построить глобальный фазовый портрет.

4. Провести бифуркационный анализ заданной системы:

$$x_{j+1} = 0.16\alpha x_j(1 - x_j^{25})$$

1) найти неподвижные точки, 2) для каждой неподвижной точки определить интервал значений параметра α , соответствующий области устойчивости точки.

5. Провести бифуркационный анализ заданной системы:

$$\frac{dx}{dt} = x^2 + x + \alpha x + 1$$

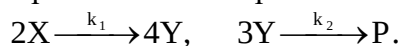
1) найти неподвижные точки и определить их тип при разных значениях α , 2) определить бифуркационные значения α .

6. Провести бифуркационный анализ заданной системы:

$$\frac{dx}{dt} = 3x^2 + 4\alpha + 6, \quad \frac{dy}{dt} = 2x + 5y$$

1) найти неподвижные точки, 2) исследовать их тип методом линеаризации нелинейной системы, 3) построить фазовые портреты системы при разных значениях параметра α , 4) указать бифуркационное значение α , тип бифуркации и признак данного типа бифуркации.

7. В периодическом реакторе с мешалкой протекают химические реакции по схеме:



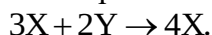
Производная термодинамической функции Ляпунова (при $\delta T = 0$) имеет вид:

$$\int_V \frac{\partial}{\partial t} \rho \delta S dV = VR \left(4w_1 \left(\frac{\delta x}{x} \right)^2 - 8w_1 \frac{\delta x}{x} \frac{\delta y}{y} + 9w_2 \left(\frac{\delta y}{y} \right)^2 \right).$$

Определить условие в виде соотношения между скоростями стадий реакционной схемы (w_1/w_2), выполнение которого гарантирует концентрационную устойчивость режима в реакторе.

8. В некоторой линейной системе действует 4 силы, причём X_1, X_2 – векторы, а X_3, X_4 – скаляры. Система находится в состоянии стационарности 2-го порядка. Для заданной системы: 1) записать условия стационарности, 2) записать соотношения Онзагера, 3) вывести формулу для производства энтропии, 4) сформулировать и доказать необходимое условие теоремы о минимуме производства энтропии.

9. В проточном реакторе с мешалкой протекает химическая реакция:



Производная термодинамической функции Ляпунова (при $\delta y = 0$) имеет вид:

$$\int_V \frac{\partial}{\partial t} \rho \delta S dV = R v_q x \left(\frac{\delta x}{x} \right)^2 - R v_q x_0 \left(\frac{\delta x_0}{x_0} \right)^2 + K_T F_s \left(\frac{\delta T}{T} \right)^2 + \rho C_T v_q \left(\frac{\delta T}{T} \right)^2 + \\ + V \left(-3wR \left(\frac{\delta x}{x} \right)^2 - (E + 3Q)w \frac{\delta x}{x} \frac{\delta T}{T^2} - \frac{EQw}{RT^2} \left(\frac{\delta T}{T} \right)^2 \right).$$

Определить условие на время пребывания в реакторе, выполнение которого гарантирует концентрационную устойчивость режима по компоненту X. При решении принять, что тепловая устойчивость системы выполняется, и пульсации во входном потоке отсутствуют: $\delta x_0 = \delta T = 0$.

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 нелинейной динамики в нанопроцессах» проводится во 2 семестре и включает контрольные вопросы и задачи по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2 вопросов и 1 задачи, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачёта с оценкой:

"Утверждаю" Зав. каф. КХТП Глебов М.Б.	Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»
«__» _____ 20__ г.	

МЕТОДЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ В НАНОПРОЦЕССАХ

БИЛЕТ № 1

1. Открытые и закрытые системы. Термодинамические потоки и движущие силы. Диссипативная функция термодинамических систем (структура, свойства). (15 баллов).

2. Понятия бифуркации, бифуркационного параметра. Бифуркация типа "седло-узел". Бифуркационная память. (15 баллов).

3. Определить неподвижные точки и их тип для системы уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = 3x - x^2 \quad \frac{dy}{dt} = xy - 2y. \quad (10 \text{ баллов}).$$

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Кольцова Э.М., Гордеев Л.С. Синергетика в химии и химической технологии : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2020. 295 с.

[Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://urait.ru/book/sinergetika-v-himii-i-himicheskoy-tehnologii-454395> (дата обращения: 5.04.2024).

2. Кольцова Э.М., Гордеев Л.С., Третьяков Ю.Д., Вертегел А.А. Термодинамика необратимых процессов и нелинейная динамика : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2020. 430 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://urait.ru/book/termodinamika-neobratimyh-processov-i-nelineynaya-dinamika-455051> (дата обращения: 5.04.2024).

Б) Дополнительная литература:

1. Куркина Е.С. Автоколебания, структуры и волны в химических системах. Методы математического моделирования. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 219 с.

2. Куркина Е.С. Курсовые задачи по синергетике. Методы поиска пространственно-временных структур : учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. 98 с.

3. Пригожин И. От существующего к возникающему: время и сложность в физических науках : пер. с англ. – М.: Наука. Физматлит, 1985. 327 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению РГР.

Научно-технические журналы:

– Журнал «International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering». ISSN: 0218-1274.

– Журнал «Nonlinear Dynamics and Systems Theory». ISSN: 1562-8353.

– Журнал «International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation». ISSN: 1565-1339.

– Журнал «Chaos, Solitons & Fractals». ISSN: 0960-0779.

– Журнал «Regular and Chaotic Dynamics». ISSN: 1560-3547.

– Журнал «Chaos (Woodbury, N.Y.)». ISSN: 1054-1500.

– Журнал «Journal of Computational and Nonlinear Dynamics». ISSN: 1555-1423.

– Журнал «Nonlinear Oscillations». ISSN: 1536-0059.

– Журнал «Nonlinearity». ISSN: 0951-7715.

– Журнал «Нелинейная динамика». ISSN: 1816-448X.

– Журнал «Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика». ISSN: 0869-6632.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- конспекты лекций в формате *.pdf – 9;
- компьютерные презентации интерактивных лекций – 9, (общее число слайдов – 178);
- демонстрационные программы, создающие визуализацию бифуркаций Андронова–Хопфа, удвоения периода, странного аттрактора Лоренца;
- демонстрационные расчётные модули в EXCEL для ознакомления с методологией выполнения наиболее сложных заданий в РГР (задания № 5 и № 8);
- банк вариантов контрольных работ – 30;
- банк вариантов РГР – 20;
- банк билетов для зачёта с оценкой – 30.

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.

Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ составляет на 01.01.2024 года 1 559 436 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 проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Учебная аудитория для проведения лекций и лабораторных занятий вместимостью не менее 10 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 выполнения и контроля РГР.

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 программы, создающие визуализацию бифуркаций Андронова–Хопфа, удвоения периода, странного аттрактора Лоренца.

Демонстрационные расчётные модули в EXCEL для ознакомления с методологией выполнения наиболее сложных заданий в РГР.

Примеры выполнения РГР.

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: 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	Micosoft 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. Качественная теория дифференциальных уравнений	Знает: теоретические основы качественной теории дифференциальных уравнений, теории бифуркаций, теории хаоса, неравновесной термодинамики; типы неподвижных точек и методы их определения; сценарии возникновения в нелинейных системах колебательных и хаотических режимов и их характерные особенности. Умеет: определять неподвижные точки систем и их тип; строить фазовые портреты двумерных систем; прогнозировать эволюцию физико-химических систем на основе их математических моделей. Владеет: методами исследования устойчивости линейных и нелинейных систем; практическими навыками использования современных вычислительных технологий для прогнозирования эволюции физико-химических систем; навыками визуализации результатов прогнозирования.	Оценка за контрольную работу № 1, задания № 1–4 (наивысший балл – 11). Оценка за РГР № 1 (наивысший балл – 10). Оценка на зачёте.
Раздел 2. Элементы бифуркационного анализа и теории хаоса	Знает: теоретические основы качественной теории дифференциальных уравнений, теории бифуркаций, теории хаоса, неравновесной термодинамики; основные типы бифуркаций в нелинейных системах; сценарии возникновения в нелинейных системах колебательных и хаотических режимов и их характерные особенности.	Оценка за контрольную работу № 1, задания № 5, 6 (наивысший балл – 6). Оценка за РГР № 2 и 3

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	Умеет: строить фазовые портреты двумерных систем; прогнозировать эволюцию физико-химических систем на основе их математических моделей. Владеет: методами исследования устойчивости линейных и нелинейных систем; практическими навыками использования современных вычислительных технологий для прогнозирования эволюции физико-химических систем; навыками визуализации результатов прогнозирования; навыками выявления возможных сценариев эволюции систем по их глобальным фазовым портретам.	(наивысший балл – 20). Оценка на зачёте.
Раздел 3. Основы термодинамики неравновесных процессов	Знает: теоретические основы качественной теории дифференциальных уравнений, теории бифуркаций, теории хаоса, неравновесной термодинамики; методы термодинамического анализа открытых физико-химических систем. Умеет: проводить термодинамический анализ открытых физико-химических систем с целью выявления дестабилизирующих процессов; прогнозировать эволюцию физико-химических систем на основе их математических моделей. Владеет: методами исследования устойчивости линейных и нелинейных систем.	Оценка за контрольную работу № 2 (наивысший балл – 13). Оценка на зачёте.

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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– 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 нелинейной динамики в нанопроцессах»

основной образовательной программы

28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа

«Материалы и технологии наноинженерии»

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»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Наносистемы и технологии в микро- и наноэлектронике»**

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена:

профессором кафедры кибернетики ХТП,

д.т.н. Писаренко Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии», 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 «Наносистемы и технологии в микро- и наноэлектронике» 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, вычислительной математики, общей и неорганической химии, органической химии, макрокинетики химических процессов, гетерогенного катализа, физико-химических основ наноинженерии.

Цель дисциплины: освоение магистрантами основ теории физики и химии твердых тел для решения задач описания процессов, происходящих в наноструктурных системах; ознакомления магистрантов с основными принципами работы нанодиодов на основе нанотрубок, полевых нанотранзисторов на основе полупроводниковых и металлических нанотрубок, графена, одноэлектронных транзисторов с наноразмерными проводящими каналами, спиновых полевых нанотранзисторов с переносом заряда, биполярных транзисторов и тиристоров; приобретение практических навыков построения их моделей, вычисления основных характеристик и параметров устройств; ознакомление с процессами изготовления интегральных схем (ИС) и основными подготовительными операциями: фотолитография, эпитаксия, термическое оксидирование, ионная имплантация, металлизация.

Задачи дисциплины:

- освоение магистрантами основ теории физики и химии твердых тел для решения задач описания процессов, происходящих в наноструктурных системах;
- приобретение практических навыков построения моделей полупроводниковых диодов, МОП транзисторов, биполярных транзисторов и тиристоров;
- приобретение практических навыков решения уравнений моделей полупроводниковых диодов, МОП транзисторов, биполярных транзисторов и тиристоров и вычисления основных характеристик и параметров устройств;
- ознакомление с процессами изготовления ИС и основными подготовительными операциями: фотолитография, эпитаксия, термическое оксидирование, ионная имплантация, металлизация.

Дисциплина «Наносистемы и технологии в микро- и наноэлектронике» в соответствии с учебным планом подготовки магистра преподается в третьем 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 дисциплины «Наносистемы и технологии в микро- и наноэлектронике» 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				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
			ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	
			ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	

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
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров.	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 593н. Обобщенная трудовая функция D: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)
			ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием.	

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
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий наноиндустрии.	Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.02.2014 № 72н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования (уровень квалификации – 7)
			ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий.	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- классификацию наноматериалов и их использование в микро- и нанoeлектронике;
- физическую сущность эффекта квантового ограничения, баллистического транспорта носителей заряда, туннельного и спинового эффектов;
- основы зонной теории твердого тела;
- физические механизмы явлений переноса в полупроводниках;
- способы легирования полупроводников;
- вид и физический смысл функции распределения Ферми-Дирака и ее использование для расчета концентраций носителей заряда в полупроводнике;
- особенности равновесных и неравновесных процессов на границе раздела гетероструктур, особенности переноса в низкоразмерных структурах;
- принцип работы нанодиодов на основе нанотрубок;
- принципы работы полевых нанотранзисторов на основе полупроводниковых и металлических нанотрубок, на основе графена, одноэлектронных транзисторов с наноразмерными проводящими каналами, спиновых полевых нанотранзисторов с переносом заряда;
- структуру биполярного нанотранзистора и принцип его работы; принцип работы тиристора;
- классификацию интегральных схем, процессы изготовления ИС и подготовительные операции: фотолитографию, эпитаксию, термическое оксидирование, ионную имплантацию, металлизацию;
- перспективы развития микро- и нанoeлектроники.

Уметь:

- выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач нанoинженерии;
- проводить классификацию наноматериалов и наноустройств в области их применения;
- записать стационарные и нестационарные уравнения Шредингера для криволинейной системы координат и для различного типа начальных и граничных условий, сформулировать физическую сущность волновых функций Блоха и установить свойства поверхностей потенциальной энергии;
- объяснить физико-химическую сущность термоэлектронной эмиссии, собственную и примесную проводимость полупроводников, оценить тепловую ионизацию примесных атомов;
- использовать основы теории физики и химии твердых тел для решения задач описания процессов, происходящих в наноструктурных системах;
- объяснить возникновение состояний Тамма и Шокли вследствие нарушения периодичности кристаллической решетки и внутреннего электрического поля в кристалле;
- применять модели нанoeлектронных приборов для пояснения принципов их работы;
- осуществлять построение моделей полупроводниковых диодов, МОП транзисторов, биполярных транзисторов и тиристоров;
- анализировать и пояснять основные технологические подготовительные операции в процессе изготовления ИС (фотолитография, эпитаксия, термическое оксидирование, ионная имплантация, металлизация).

Владеть:

- современной терминологией в области наноматериалов и нанoeлектроники;
- методами построения оптимальной стратегии проведения исследований при решении задач нанoинженерии;
- методами теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники;
- математическим аппаратом для решения уравнения Шредингера с коэффициентами, являющимися периодическими функциями;
- классификацией сверхпроводящих элементов периодической таблицы Д.И.

Менделеева и их сплавов;

- основными понятиями и закономерностями явлений переноса в условиях стационарной неравновесности, дрейфовой и диффузионной электропроводности;
- методами оценки квазипотенциалов Ферми для электронов и дырок;
- методами решения уравнений моделей полупроводниковых диодов, МОП транзисторов, биполярных транзисторов и тиристоров;
- практическими навыками применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине.

3. ОБЪЁМ 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:	1,88	68	51
в том числе в форме практической подготовки	0,19	7	5,25
Лекции	0,94	34	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки	0,19	7	5,25
Самостоятельная работа	3,12	112	84
Контактная самостоятельная работа	3,12	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		111,6	83,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Акад. Часов			
		Всего	Лекции	ПЗ	СР
	Введение. Основные определения микро- и нанoeлектроники. Роль современной нанотехнологии, физики и физико-химии в создании полупроводниковых приборов, интегральных схем и ЭВМ с большим объемом памяти и быстродействием.	0,5	0,5	-	-
1	Раздел 1. Классификация наноматериалов и их использование в микро- и нанoeлектронике.	20	2	3	15
1.1	Классификация наноматериалов. Квантовые пленки, квантовые нити, квантовые точки. Энергетические диаграммы и плотности электронных состояний для 2D, 1D, 0D структур в сравнении с трехмерной структурой.	7	1	1	5
1.2	Поведение подвижных носителей заряда в наноструктурах. Эффект квантового ограничения. Баллистический транспорт носителей заряда. Туннельные и спиновые эффекты. Одноэлектронное и резонансное туннелирование.	6,5	0,5	1	5

1.3	Зависимость свойств наноматериалов от размеров структуры. Классификация видов наносистемной техники по функциональному назначению.	6,5	0,5	1	5
2	Раздел 2. Основные понятия физики и химии твердых тел	16	2	4	10
2.1	Квантовая теория атомов и молекул.	3	-	1	2
2.2	Зонная теория твердых тел. Зоны Бриллюэна.	4	1	1	2
2.3	Уравнение Шредингера для периодической потенциальной функции. Общие свойства собственных значений энергии и волновых функций. Волновая функция Блоха.	3	-	1	2
2.4	Решетка Браве и группы трансляций.	6	1	1	4
3	Раздел 3. Полупроводниковые наноматериалы.	22	4	3	15
3.1	Легирование полупроводников. Донорные и акцепторные уровни в полупроводниках. Уровень Ферми.	15	3	2	10
3.2	Сверхпроводники в нанoeлектронике. Движение электронов в сверхпроводниках. Куперовские пары.	7	1	1	5
4	Раздел 4. Явления переноса в полупроводниках в условиях стационарной неравновесности.	16	4	2	10
4.1	Носители электрических зарядов в полупроводниках. Явления переноса в стационарных неравновесных режимах. Дрейфовая и диффузионная электропроводность.	10	4	1	5
4.2	Эффект Холла. Плотность заполнения квантовых уровней в зоне проводимости и в валентной зоне. Функция распределения Ферми-Дирака.	6	-	1	5
5	Раздел 5. Нестационарные процессы в полупроводниках.	15	3	2	10
5.1	Процессы генерации и рекомбинации. Уровни инжекции. Межзонные процессы. Процессы в объеме полупроводника. Поверхностные процессы.	7	1	1	5
5.2	Квазиуровни и квазипотенциалы Ферми. Явления переноса в динамически неравновесных условиях.	8	2	1	5
6	Раздел 6. Полупроводниковые устройства с р-п-переходом. Выпрямляющие нанодиоды на основе углеродных нанотрубок.	24	5	4	15
6.1	Полупроводниковые диоды. Равновесное состояние при р-п-переходе. Работа р-п-перехода во внешних электрических полях.	9	2	2	5
6.2	Математическая модель полупроводникового диода. Модель Шокли. Вольт-амперная характеристика идеального диода. Явления пробоя. Процессы переключения в диоде.	7	1	1	5
6.3	Использование углеродных нанотрубок (УНТ) при создании выпрямляющих нанодиодов.	8	2	1	5
7	Раздел 7. Полевые нанотранзисторы.	19	5	4	10
7.1	Модели МОП транзистора. Режимы обогащения, обеднения, инверсии. Поверхностный заряд МОП	6	2	2	2

	транзистора. Идеальный и реальный МОП конденсаторы.				
7.2	Полевые нанотранзисторы на основе металлических и полупроводниковых нанотрубок. Зависимость проводимости цепи нанотранзистора от потенциала затвора. Эффект туннельного переноса через металлическую нанотрубку.	5	1	2	2
7.3	Полевые нанотранзисторы на основе графена.	5	1	-	4
7.4	Спиновые полевые нанотранзисторы с переносом заряда.	3	1	-	2
8	Раздел 8. Биполярные транзисторы и тиристоры.	22	4	4	14
8.1	Структура биполярного транзистора и принцип его работы. Параметры работы транзисторов. Работа транзистора на постоянном и переменном токе.	9	2	2	5
8.2	Статическая модель биполярного транзистора. Модель Эберса-Молла. Области применения моделей.	8	1	2	5
8.3	Тиристоры. Управляемый тиристор.	5	1	-	4
9	Раздел 9. Интегральные схемы и процессы их изготовления.	17	2	5	10
9.1	Классификация интегральных схем. Преимущества и недостатки интегральных схем. Производство интегральных схем. Проектирование ИС интегральных схем на ЭВМ.	6	1	-	5
9.2	Процессы изготовления ИС. Подготовительные операции. Фотолитография, диффузия, эпитаксия, термическое оксидирование, ионная имплантация, металлизация. Сборка целевых приборов и их испытания.	11	1	5	5
10	Раздел 10. Биполярные интегральные схемы.	8	2	3	3
10.1	Биполярные транзисторы ИС. Транзистор типа п-р-п со скрытым слоем. Транзистор типа р-п-р с горизонтальной или вертикальной структурой.	3	1	1	1
10.2	Диоды ИС. Диоды Шоттки ИС.	3	1	1	1
10.3	Биполярные СБИС (сверхбыстродействующие электронные схемы).	2	-	1	1
	Заключение.	0,5	0,5	-	
	Всего	180	34	34	112

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение. Основные определения микро- и нанoeлектроники. Роль современной нанотехнологии, физики и физико-химии в создании полупроводниковых приборов, интегральных схем и ЭВМ с большим объемом памяти и быстродействием.

Раздел 1. Классификация наноматериалов и их использование в микро- и нанoeлектронике.

1.1. Классификация наноматериалов. Квантовые пленки, квантовые нити, квантовые точки. Энергетические диаграммы и плотности электронных состояний для 2D, 1D, 0D структур в сравнении с трехмерной структурой.

1.2. Поведение подвижных носителей заряда в наноструктурах. Эффект квантового ограничения. Баллистический транспорт носителей заряда. Туннельные и спиновые эффекты. Одноэлектронное и резонансное туннелирование.

1.3. Зависимость свойств наноматериалов от размеров структуры. Классификация видов наносистемной техники по функциональному назначению.

Раздел 2. Основные понятия физики и химии твердых тел

2.1 Квантовая теория атомов и молекул.

2.2. Зонная теория твердых тел. Пространственная протяженность электронных волновых функций. Энергетические зоны в твердых телах. Зонная структура проводников, полупроводников, диэлектриков. Зоны Бриллюэна.

2.3. Уравнение Шредингера для периодической потенциальной функции. Соотношения между собственным значением энергии и волновым числом. Общие свойства собственных значений энергии и волновых функций. Волновая функция Блоха.

2.4. Решетка Браве и группы трансляций. Свойства поверхности потенциальной энергии. Поверхность Ферми. Модель периодического поля в кристалле Кронига и Пенни.

Раздел 3. Полупроводниковые наноматериалы.

3.1. Легирование полупроводников. Донорные и акцепторные уровни в полупроводниках. Уровень Ферми. Зависимость энергии Ферми от температуры полупроводника.

3.2. Сверхпроводники. Движение электронов в сверхпроводниках. Куперовские пары как связанные состояния спаренных электронов. Деформация распределения Ферми в связи с образованием куперовской пары. Области применения сверхпроводников. Сверхпроводники в нанoeлектронике.

Раздел 4. Явления переноса в полупроводниках в условиях стационарной неравновесности.

4.1. Носители электрических зарядов в полупроводниках. Явления переноса в стационарных неравновесных режимах. Дрейфовая и диффузионная электропроводность.

4.2. Эффект Холла. Плотность заполнения квантовых уровней в зоне проводимости и в валентной зоне. Функция распределения Ферми-Дирака. Расчет концентраций носителей заряда в полупроводнике. Собственные и примесные полупроводники.

Раздел 5. Нестационарные процессы в полупроводниках.

5.1. Процессы генерации и рекомбинации. Уровни инжекции. Межзонные процессы. Процессы в объеме полупроводника. Поверхностные процессы. Внутреннее электрическое поле.

5.2. Квазиуровни и квазипотенциалы Ферми. Явления переноса в динамически неравновесных условиях. Основные модели электрических процессов в полупроводниках.

Раздел 6. Полупроводниковые устройства с р-п-переходом. Выпрямляющие нанодиоды на основе углеродных нанотрубок.

6.1. Полупроводниковые диоды. Равновесное состояние при р-п-переходе. Работа р-п-перехода во внешних электрических полях. Качественные свойства смещенного р-п-перехода. Барьерная емкость обратносмещенного р-п-перехода.

6.2. Математическая модель полупроводникового диода. Модель Шокли. Вольт-амперная характеристика идеального диода. Явления пробоя. Процессы переключения в диоде. Малосигнальные модели диода. Режим большого сигнала. Переход металл-полупроводник, полупроводник-полупроводник. Диоды для оптоэлектроники. Солнечный элемент, светоизлучающий диод, лазеры с р-п-переходом и гетеропереходом.

6.3. Использование углеродных нанотрубок (УНТ) при создании выпрямляющих нанодиодов. Индексы хиральности УНТ. Дефекты строения нанотрубок. Структура локтевого соединения нанотрубок кресельного и зигзажного типов и изменение потенциального барьера для электронов проводимости. Энергия уровня Ферми и ширина запрещенных зон. Принцип работы нанодиодов на основе нанотрубок.

Раздел 7. Полевые нанотранзисторы.

7.1. Модели МОП транзистора. Режимы обогащения, обеднения, инверсии. Поверхностный заряд МОП транзистора. Идеальный и реальный МОП конденсаторы. Принципы их работы. Полевой транзистор с управляющим р-п-переходом. Одноэлектронные транзисторы с наноразмерными проводящими каналами.

7.2. Полевые нанотранзисторы на основе металлических и полупроводниковых нанотрубок. Зависимость проводимости цепи нанотранзистора от потенциала затвора. Эффект туннельного переноса через металлическую нанотрубку.

7.3. Полевые нанотранзисторы на основе графена.

7.4. Спиновые полевые нанотранзисторы с переносом заряда.

Раздел 8. Биполярные транзисторы и тиристоры.

8.1. Структура биполярного транзистора и принцип его работы. Параметры работы транзисторов. Работа транзистора на постоянном и переменном токе.

8.2. Статическая модель биполярного транзистора. Модель Эберса-Молла. Области применения моделей.

8.3. Тиристоры. Управляемый тиристор.

Раздел 9. Интегральные схемы и процессы их изготовления.

9.1. Классификация интегральных схем. Преимущества и недостатки интегральных схем. Производство интегральных схем. Проектирование ИС интегральных схем на ЭВМ.

9.2. Процессы изготовления ИС. Подготовительные операции. Фотолитография, диффузия, эпитаксия, термическое оксидирование, ионная имплантация, металлизация. Сборка целевых приборов и их испытания.

Раздел 10. Биполярные интегральные схемы.

10.1. Биполярные транзисторы ИС. Транзистор типа п-р-п со скрытым слоем. Транзистор типа р-п-р с горизонтальной или вертикальной структурой.

10.2. Диоды ИС. Диоды Шоттки ИС.

10.3. Биполярные СБИС (сверхбыстродействующие электронные схемы).

Заключение. Перспективы развития микро- и нанoeлектроники. Материалы. Проектирование и процессы изготовления. Компьютерное моделирование ИС. Системная интеграция ИС. Молекулярные наноструктуры и их использование в электронных устройствах. Молекулярные переключатели.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ КОМПЕТЕНЦИЯМ МАГИСТРА

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9	Раздел 10
	Знать:										
1.	Классификацию наноматериалов и их использование в микро- и нанoeлектронике	+									
2.	Физическую сущность эффекта квантового ограничения, баллистического транспорта носителей заряда, туннельного и спинового эффектов	+									
3.	Основы зонной теории твердого тела		+								
4.	Физические механизмы явлений переноса в полупроводниках; способы легирования полупроводников			+							

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9	Раздел 10
5.	Вид и физический смысл функции распределения Ферми-Дирака и ее использование для расчета концентраций носителей заряда в полупроводнике;				+						
6.	Особенности равновесных и неравновесных процессов на границе раздела гетероструктур, особенности переноса в низкоразмерных структурах;					+					
7.	Принцип работы нанодиодов на основе нанотрубок;						+				
8.	Принципы работы полевых нанотранзисторов на основе полупроводниковых и металлических нанотрубок, на основе графена, одноэлектронных транзисторов с наноразмерными проводящими каналами, спиновых полевых нанотранзисторов с переносом заряда							+			
9.	Структуру биполярного транзистора и принцип его работы; Принцип работы тиристора;								+		
10.	Классификацию интегральных схем; Процессы изготовления ИС и подготовительные операции;									+	+
11.	Перспективы развития микро- и нанoeлектроники										+
	Уметь:										
12.	Выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач наноинженерии										+
13.	Проводить классификацию наноматериалов и наноустройств в области их применения	+									
14.	Записать стационарные и нестационарные уравнения Шредингера для криволинейной системы координат и для различного типа начальных и граничных условий, сформулировать физическую сущность волновых функций Блоха и установить свойства поверхностей потенциальной энергии		+								
15.	Объяснить физико-химическую сущность термоэлектронной эмиссии, собственную и примесную проводимость полупроводников, оценить тепловую ионизацию примесных атомов			+							
16.	Использовать основы теории физики и химии твердых тел для решения задач описания процессов, происходящих в наноструктурных системах				+						
17.	Объяснить возникновение состояний Тамма и Шокли вследствие нарушения периодичности кристаллической решетки и внутреннего электрического поля в кристалле					+					
18.	Осуществлять построение моделей полупроводниковых диодов, МОП транзисторов, биполярных транзисторов и тиристоров						+	+	+		
19.	Применять модели нанoeлектронных приборов для пояснения принципов их работы						+	+	+		

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9	Раздел 10
20.	Анализировать и пояснять основные технологические подготовительные операции в процессе изготовления ИС (фотолитография, эпитаксия, термическое оксидирование, ионная имплантация, металлизация)									+	
	Владеть:										
21.	Современной терминологией в области наноматериалов и нанoeлектроники	+									
22.	Методами построения оптимальной стратегии проведения исследований при решении задач наноинженерии										+
23.	Методами теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники						+			+	
24.	Математическим аппаратом для решения уравнения Шредингера с коэффициентами, являющимися периодическими функциями;		+								
25.	Классификацией сверхпроводящих элементов периодической таблицы и их сплавов;			+							
26.	Основными понятиями и закономерностями явлений переноса в условиях стационарной неравновесности, дрейфовой и диффузионной электропроводности;				+						
27.	Методами оценки квазипотенциалов Ферми для электронов и дырок;					+					
28.	Методами решения уравнений моделей полупроводниковых диодов, МОП транзисторов, биполярных транзисторов и тиристоров						+	+	+		
29.	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									
30.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов	+					+	+	+	+
		ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и		+	+	+	+	+	+		+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9	Раздел 10
		программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ										
		ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации		+	+	+	+	+	+	+	+	+
31.	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием.						+	+	+	+	+
32.	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопроductии, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий nanoиндустрии.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1-1.3	Практическое занятие 1 Поведение подвижных носителей заряда в наноструктурах. Квантовомеханические решения физико-химических задач. Основы квантовой механики. Волны и частицы. Уравнение Шредингера. Операторы. Собственные функции и собственные значения оператора. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме. Оператор Гамильтона. Атом Бора. Многоэлектронные атомы. Теория Бора. Магнетон Бора.	3
2	2.1-2.2	Практическое занятие 2 Зонная теория твердого тела. Виды связей в твердых телах. Оператор Гамильтона для кристалла. Строение кристаллов. Уравнения состояния твердых тел. Простые кристаллические структуры. Межатомные связи. Внутримолекулярные силы. Гармонические одно- и двумерные осцилляторы. Колебания молекул. Затухающие гармонические колебания. Зоны Бриллюэна. Решетки Браве и группа трансляций. Обратная решетка. Волновые функции Блоха. Симметрия энергетических зон $\varepsilon(k)$ внутри зоны Бриллюэна. Непрерывность функции $\varepsilon(k)$ энергетических зон в зоне Бриллюэна. Свойство поверхностей постоянной энергии. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Зоны Бриллюэна для ромбоэдрических решеток.	2
3	2.3	Практическое занятие 3 Решения уравнения Шредингера для периодических полей кристаллов. Задание периодических энергетических функций для кристаллов различных типов. Основные свойства собственных значений и функций решений уравнений Шредингера. Соотношение между собственным значением энергии и волновым числом.	1
4	2.4	Практическое занятие 4 Модель Кронига и Пенни. Граничные условия и нумерация состояний. Функция Блоха. Существование функций Блоха по теореме Флоке. Построение алгебраических уравнений решения модели Кронига–Пенни. Определение разрешенных и запрещенных зон модели Кронига–Пенни.	1
5	3.1-3.2, 4.1-4.2	Практическое занятие 5 Полупроводниковые наноматериалы. Явления переноса в полупроводниках в условиях стационарной неравновесности.	5
6	5.1-5.2, 6.1-6.3	Практическое занятие 6 Нестационарные процессы в полупроводниках. Построение модели полупроводникового диода. Определение тока насыщения для диодов с толстой и тонкой базами.	6
7	7.1	Практическое занятие 7	2

		Полевые транзисторы. Идеальный МОП транзистор. Принцип его работы. Вольт-амперные характеристики работы МОП транзистора. Построение энергетической диаграммы идеального МОП конденсатора и характеристик его работы в режимах обогащения, обеднения, инверсии.	
8	7.2	Практическое занятие 8 Построение модели нанотранзистора на основе нанотрубки. Расчет распределения электронной плотности в канале нанотранзистора на основе нанотрубки при известных напряжениях на затворе, истоке и стоке. Принцип работы нанотранзистора.	2
9	8.1-8.3	Практическое занятие 9 Построение статической модели биполярного транзистора. Расчет распределения концентраций носителей заряда в области базы, эмиттера, коллектора. Принцип работы биполярного транзистора. Схема включения транзистора. Параметры транзистора на постоянном и переменном токе	4
10	9.2	Практическое занятие 10 Процессы изготовления интегральных схем. Подготовительные операции.	5
11	10.1-10.3	Практическое занятие 11 Биполярные интегральные схемы.	3
		ИТОГО	34

6.2. Лабораторные работы

Лабораторный практикум по дисциплине «Наносистемы и технологии в микро- и нанoeлектронике» не предусмотрен.

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, WebofScience, 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 с оценкой 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 60 баллов) и итогового контроля в форме зачёта с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитическая работа не предусмотрена.

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

Для текущего контроля предусмотрено **3 контрольные работы**. Максимальная оценка за контрольные работы составляет 60 баллов.

РАЗДЕЛ 6.

Контрольная работа № 1. Решение типовых задач по разделу 6.1-6.3 дисциплины «Наносистемы и технологии в микро- и наноэлектронике»

Полупроводниковые диоды. Физические процессы в р-п-переходах. Математическая модель диода. Определить аналитически ток насыщения для диода с толстой базой.

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

Максимальная оценка – 20 баллов.

РАЗДЕЛ 7.

Контрольная работа №2 Решение типовых задач по разделу 8.

Пояснить работу полевого МОП транзистора. Рассчитать вольт-амперные характеристики работы транзистора.

Контрольная работа № 2 состоит из **2 заданий**. Задание № 1 оценивается **5 баллами**, задание № 2 – **15 баллами**.

Максимальная оценка – 20 баллов.

РАЗДЕЛ 8.

Контрольная работа №3 Решение типовых задач по разделу 9.

Пояснить работу биполярного транзистора с р-п-р-переходом. Схема включения транзистора. Параметры транзистора на постоянном и переменном токе. Статическая модель биполярного транзистора. Рассчитать распределение концентраций носителей заряда в области базы, эмиттера, коллектора.

Контрольная работа № 3 состоит из **2 заданий**. Задание № 1 оценивается **5 баллами**, задание № 2 – **15 баллами**.

Максимальная оценка – 20 баллов.

Примеры контрольных работ

Контрольная работа № 1. Решение типовых задач по разделу 6.1-6.3 дисциплины «Наносистемы и технологии в микро- и наноэлектронике»

Вариант 1

1. Рассмотреть особенности p - n - переходов в туннельных диодах по сравнению с обычными p - n -переходами. Почему необходимо учитывать квантово-размерные эффекты при работе туннельных диодов? Статические параметры туннельных диодов.

2. Предположить, что полупроводниковые диоды выполнены из кремния и из германия. Представить одномерную модель резкого (ступенчатого) p - n -перехода. Пояснить в каком случае резкий переход называется симметричным и несимметричным.

3. Представлена математическая модель полупроводникового диода (Модель Шокли).

$I = I_{нас.} \left(e^{U/U_T} - 1 \right)$, где $I_{нас.}$ – обратный ток насыщения.

$$I_{нас.} = qn_i^2 A \left[\frac{D_n}{N_a L_n \tanh\left(W_p/L_p\right)} + \frac{D_p}{N_d L_p \tanh\left(W_n/L_p\right)} \right] \quad (1)$$

A – площадь поперечного сечения перехода, L_p – диффузионная длина дырок в n -области.

$L_p = (D_p \tau_p)^{1/2}$, $U_T = \frac{kT}{q}$ – температурный потенциал, U – внешнее напряжение.

Для толстой базы $W_p \gg L_n$, $W_n \gg L_p$, из-за рекомбинации носителей избыточная концентрация неосновных носителей обратится в нуль еще до того как носители достигнут области омического контакта.

Для тонкой базы $W_p \ll L_n$, $W_n \ll L_p$, рекомбинация носителей в нейтральных областях отсутствует.

Показать, что для диода с толстой и тонкой базами обратный ток насыщения выражается формулами (2)-(3).

$$\text{Толстая база } I_{нас.} = qn_i^2 A \left[\frac{D_n}{N_a L_n} + \frac{D_p}{N_d L_p} \right] \quad (2)$$

$$\text{Тонкая база } I_{нас.} = qn_i^2 A \left[\frac{D_n}{N_a W_p} + \frac{D_p}{N_d W_n} \right] \quad (3)$$

Контрольная работа №2 Решение типовых задач по разделу 7.

Пояснить работу полевого МОП транзистора. Рассчитать вольт-амперные характеристики работы транзистора.

Вариант 1

1. Какие существуют разновидности полевых транзисторов? Рассмотреть полевые нанотранзисторы на основе технологии КНИ.

2. Вычислить пороговое напряжение МОП транзистора с каналом p -типа и ориентацией границы (111). Транзистор имеет алюминиевый затвор. Толщина оксидного слоя составляет 120 нм, концентрация легирующих примесей в подложке $N_{d2} = 3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$.

Первоначальная концентрация легирующих примесей в подложке $N_{d1} = 10^{15} \text{ см}^{-3}$.

Из-за роста концентрации изменяется уровень Ферми E_F так как:

$$E_{F1} - E_i = kT \ln \frac{N_{d1}}{n_i} \quad (1)$$

$$E_{F2} - E_i = kT \ln \frac{N_{d2}}{n_i} \quad (2)$$

$$qU_F = E_{F2} - E_{F1} \quad (3)$$

Это приводит к тому, что изменяется величина $\Phi_{МП} = -0.3 + U_F$ (U_F – напряжение Ферми). При ориентации (111) поверхностная плотность заряда, локализованного на границе раздела полупроводник-оксид, $Q_{SS} = 8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} / \text{см}^2$. Собственная концентрация носителей $n_i = 1.4 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$.

Пояснить каков режим работы транзистора в этом случае.

Контрольная работа №3 Решение типовых задач по разделу 8.

Пояснить работу биполярного транзистора с р-п-р-переходом. Схема включения транзистора. Параметры транзистора на постоянном и переменном токе. Статическая модель биполярного транзистора. Рассчитать распределение концентраций носителей заряда в области базы, эмиттера, коллектора.

Вариант 1

1. Рассмотреть преимущества использования гетеротранзисторов на основе структур $n(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As})\text{-p}(\text{GaAs})\text{-n}(\text{GaAs})$ по сравнению с кремниевыми транзисторами.

2. Пояснить работу биполярного транзистора с $p\text{-n-p}$ -переходом. Схема включения транзистора. Параметры транзистора на постоянном и переменном токе. Статическая модель биполярного транзистора.

Два биполярных транзистора типа $p\text{-n-p}$ отличаются тем, что толщина базы одного из них составляет 0.9 толщины базы другого. Покажите, что токи в обоих транзисторах одинаковы в том случае, если напряжение база-эмиттер второго транзистора на 0.0027 В больше, чем соответствующее напряжение первого транзистора.

- Предполагаем, что эффективная толщина базы значительно меньше диффузионной длины.
- Считаем, что рекомбинация носителей в базе не происходит
- Полагаем, что ток I_b складывается из I_1 (инжектируемого из эмиттера в базу) и I_2 (инжектируемого из базы в эмиттер)
- Считаем, что концентрация примесей в базе существенно меньше, чем в эмиттере и, что переход эмиттер-база можно заменить простым диодом

Изобразить энергетические диаграммы:

- для транзистора $n\text{-p-n}$, работающего в активном режиме при нормальном и инверсном включении
- для транзистора типа $p\text{-n-p}$, работающего в режимах насыщения и отсечки.

Примеры практических работ промежуточного контроля знаний

Практическая работа 1

Подготовка к практической работе 1 включает:

- Изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 1.1-1.3, 2.2-2.4, 3.1- 3.2, 4.1-4.2, 5.1-5.2

Оформление отчета по практической работе 1 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.

2. Содержание.

3. Цель работы, задание.

4. Теоретическая часть. Рассмотреть зонную теорию твердого тела. Зоны Бриллюэна. Решетки Браве и группы трансляций. Волновые функции Блоха. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Уравнение Шредингера для периодических полей кристаллов. Основные свойства собственных значений и функций решений уравнений Шредингера.

5. Практическая часть. Решение уравнения Шредингера для периодических полей кристаллов. Задание периодических функций для кристаллов различных типов. Соотношение между собственным значением энергии и волновым числом.

6. Выводы по работе.

7. Библиографический список.

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

Практическая работа 2

Подготовка к практической работе 2 включает изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 6.1-6.3.

Оформление отчета по практической работе 2 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.

2. Содержание.

3. Цель работы, задание.

4. Теоретическая часть. Рассмотреть полупроводниковые диоды (равновесное состояние при р-п-переходе, работа р-п-перехода во внешних электрических полях, качественные свойства смещенного р-п-перехода, барьерная емкость обратносмещенного р-п-перехода). Математическая модель полупроводникового диода. Вольт-амперная характеристика идеального диода. Процессы переключения в диоде. Переход металл-полупроводник, полупроводник-полупроводник. Использование углеродных нанотрубок (УНТ) при создании выпрямляющих нанодиодов. Структура локтевого соединения нанотрубок кресельного и зигзажного типов и изменение потенциального барьера для электронов проводимости. Энергия уровня Ферми и ширина запрещенных зон.

5. Практическая часть. Реализовать алгоритм расчета энергетических характеристик нанодиодов. Пояснить принцип работы нанодиодов.

6. Листинг программы.

7. Выводы по работе.

8. Библиографический список.

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

Практическая работа 3

Подготовка к практической работе 3 включает:

Изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 7.1-7.4

Оформление отчета по практической работе 3 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.

2. Содержание.

3. Цель работы, задание.

4. Теоретическая часть. Рассмотреть полевые нанотранзисторы. Вольт-амперные характеристики работы. Модели полевых нанотранзисторов.

5. Практическая часть. Реализовать алгоритм расчета энергетических характеристик нанотранзисторов. Пояснить принцип работы нанотранзисторов.

6. Листинг программы.

7. Выводы по работе.

8. Библиографический список.

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

Практическая работа 4

Подготовка к практической работе 4 включает:

Изучение материалов курса лекций разделов дисциплины 8.1-8.3

Оформление отчета по практической работе 4 проводится в соответствии со следующей структурой:

1. Титульный лист.

2. Содержание.

3. Цель работы, задание.

4. Теоретическая часть. Рассмотреть структуру биполярного транзистора. Работа транзистора на постоянном и переменном токе. Статическая модель биполярного транзистора.

5. Практическая часть. Реализовать алгоритм расчета энергетических характеристик биполярного транзистора.

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 (зачет с оценкой, 3 семестр)

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – **40 баллов**. Билет содержит два теоретических вопроса, относящихся к разным разделам дисциплины. Максимальная оценка за каждый теоретический вопрос – **20 баллов**.

Примеры вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Классификация наноматериалов. Энергетические диаграммы и плотности электронных состояний для 2D, 1D, 0D структур в сравнении с трехмерной структурой (20 баллов)
2. Поведение подвижных носителей заряда в наноструктурах. Эффект квантового ограничения. Баллистический транспорт носителей заряда. Туннельные и спиновые эффекты. Одноэлектронное и резонансное туннелирование. (20 баллов)
3. Зонная теория твердых тел. Пространственная протяженность электронных волновых функций. Энергетические зоны в твердых телах. (20 баллов)

4. Уравнение Шредингера для периодической потенциальной функции. Соотношения между собственным значением энергии и волновым числом. Общие свойства собственных значений энергии и волновых функций. Волновая функция Блоха. (20 баллов)
5. Решетка Браве и группы трансляций. Свойства поверхности потенциальной энергии. Поверхность Ферми. Модель периодического поля в кристалле Кронига и Пенни. (20 баллов)
6. Донорные и акцепторные уровни в полупроводниках. Уровень Ферми. Зависимость энергии Ферми от температуры полупроводника. (20 баллов)
7. Носители электрических зарядов в полупроводниках. Явления переноса в стационарных неравновесных режимах. Дрейфовая и диффузионная электропроводность. Эффект Холла. Плотность заполнения квантовых уровней в зоне проводимости и в валентной зоне. (20 баллов)
8. Функция распределения Ферми-Дирака. Расчет концентраций носителей заряда в полупроводнике. Собственные и примесные полупроводники. (20 баллов)
9. Сверхпроводники. Движение электронов в сверхпроводниках. Куперовские пары как связанные состояния спаренных электронов. Деформация распределения Ферми в связи с образованием куперовской пары. Сверхпроводники в нанoeлектронике. (20 баллов)
10. Полупроводниковые диоды. Равновесное состояние при р-п-переходе. Работа р-п-перехода во внешних электрических полях. Качественные свойства смещенного р-п-перехода. Барьерная емкость обратносмещенного р-п-перехода. (20 баллов)
11. Математическая модель полупроводникового диода. Модель Шокли. Вольт-амперная характеристика идеального диода. Явления пробоя. Процессы переключения в диоде. Малосигнальные модели диода. Режим большого сигнала. Переход металл-полупроводник, полупроводник-полупроводник. Диоды для оптоэлектроники. (20 баллов)
12. Использование углеродных нанотрубок (УНТ) при создании выпрямляющих нанодиодов. Дефекты строения нанотрубок. Структура локтевого соединения нанотрубок кресельного и зигзажного типов и изменение потенциального барьера для электронов проводимости. Энергия уровня Ферми и ширина запрещенных зон. Принцип работы нанодиодов на основе нанотрубок. (20 баллов)
13. Модели МОП транзистора. Режимы обогащения, обеднения, инверсии. Поверхностный заряд МОП транзистора. Идеальный и реальный МОП конденсаторы. Принципы их работы. Полевой транзистор с управляющим р-п-переходом. (20 баллов)
14. Полевые нанотранзисторы на основе металлических и полупроводниковых нанотрубок. Зависимость проводимости цепи нанотранзистора от потенциала затвора. Эффект туннельного переноса через металлическую нанотрубку. (20 баллов)
15. Одноэлектронные транзисторы с наноразмерными проводящими каналами. Принцип работы. (20 баллов)
16. Полевые нанотранзисторы на основе графена. Принцип работы. (20 баллов)
17. Спиновые полевые нанотранзисторы с переносом заряда. Принцип работы. (20 баллов)
18. Структура биполярного транзистора и принцип его работы. Параметры работы транзисторов. Работа транзистора на постоянном и переменном токе. (20 баллов)
19. Статическая модель биполярного транзистора. Модель Эберса-Молла. Области применения моделей. (20 баллов)
20. Тиристоры. Управляемый тиристор. (20 баллов)
21. Классификация интегральных схем. Преимущества и недостатки интегральных схем. Производство интегральных схем. (20 баллов)
22. Проектирование ИС интегральных схем на ЭВМ. Сборка целевых приборов и их испытания. (20 баллов)
23. Процессы изготовления ИС. Подготовительные операции. Фотолитография. (20 баллов)
24. Процессы изготовления ИС. Подготовительные операции. Эпитаксия. Термическое оксидирование. (20 баллов)
25. Процессы изготовления ИС. Подготовительные операции. Ионная имплантация, металлизация. (20 баллов)

26. Биполярные транзисторы ИС. Транзистор типа п-р-п со скрытым слоем. Транзистор типа р-п-р с горизонтальной или вертикальной структурой.
27. Диоды ИС. Диоды Шоттки ИС. Биполярные СБИС (сверхбыстродействующие электронные схемы). (20 баллов)
28. Молекулярные наноструктуры и их использование в электронных устройствах. Молекулярные переключатели. (20 баллов)
29. Перспективы развития микро- и нанoeлектроники. Материалы. Проектирование и процессы изготовления. (20 баллов)
30. Компьютерное моделирование ИС. Системная интеграция ИС. (20 баллов)

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

8.4. Структура и пример билета для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине «Наносистемы и технологии в микро- и нанoeлектронике» включает контрольные задания по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет включает 2 теоретических задания (по 20 баллов каждое задание).

Максимальная оценка – 40 баллов.

«Утверждаю» зав. кафедрой 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
	28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»
	НАНОСИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ В МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ
Билет № 10 1. Поведение подвижных носителей заряда в наноструктурах. Эффект квантового ограничения. Баллистический транспорт носителей заряда. Туннельные и спиновые эффекты. Одноэлектронное и резонансное туннелирование. (20 баллов) 2. Полевые нанотранзисторы на основе металлических и полупроводниковых нанотрубок. Зависимость проводимости цепи нанотранзистора от потенциала затвора. Эффект туннельного переноса через металлическую нанотрубку. (20 баллов)	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература.

1. Писаренко Е.В., Писаренко В.Н. Теория планирования эксперимента. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. 60 с.
2. Борисенко В.Е. и др. Нанoeлектроника: теория и практика. М: Бином: лаборатория знаний, 2013. 366с.

Б) Дополнительная литература.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- «Нано- и микросистемная техника», ISSN – 1813-8586;
- «Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics», ISSN – 1555-130X (Print);
- «Наноиндустрия», ISSN – 1993-8578;
- «Нанотехнологии: разработка, применение — XXI век». ISSN – 2225-098;
- «Российскиенанотехнологии», ISSN– 1992-7223;
- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «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.

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

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 9, (общее число слайдов – 400);
- банк вариантов контрольной работы № 1 – 30;
- банк вариантов контрольной работы № 2 – 30;
- банк вариантов контрольной работы № 3 – 30;
- банк билетов для зачета с оценкой – 30;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows 7, MicrosoftOffice 2010).

Имеются дополнительные средства для изучения дисциплины: электронные учебные пособия, библиотека программ для решения уравнений моделей, задания к практическим занятиям (60 задач), задания к самостоятельным работам (60 задач).

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), к вебинарам (Zoom, Discord, MSteams), групповой электронной почте, онлайн-конференции в Zoom, 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 01.01.2022 составляет 1 559 436 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

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 10 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 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 лекционной дисциплины.

Демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для магистров, 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>.

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

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5. При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки. Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети 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 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.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Классификация наноматериалов и их использование в микро- и нано-электронике.	Знает: Классификацию наноматериалов и их использование в микро- и наноэлектронике; Физическую сущность эффекта квантового ограничения, баллистического транспорта носителей заряда, туннельного и спинового эффектов. Умеет: Проводить классификацию наноматериалов и наноустройств в области их применения.	Оценка на зачете с оценкой.

	Владеет: Современной терминологией в области наноматериалов и нанoeлектроники.	
Раздел 2. Основные понятия физики и химии твердых тел	Знает: Основы зонной теории твердого тела. Умеет: Записать стационарные и нестационарные уравнения Шредингера для криволинейной системы координат и для различного типа начальных и граничных условий, Сформулировать физическую сущность волновых функций Блоха и установить свойства поверхностей потенциальной энергии. Владеет: Математическим аппаратом для решения уравнения Шредингера с коэффициентами, являющимися периодическими функциями.	Оценка на зачете с оценкой.
Раздел 3. Полупроводниковые наноматериалы.	Знает: Физические механизмы явлений переноса в полупроводниках, способы легирования полупроводников. Умеет: Объяснить физико-химическую сущность термоэлектронной эмиссии, собственную и примесную проводимость полупроводников, оценить тепловую ионизацию примесных атомов. Владеет: Классификацией сверхпроводящих элементов периодической таблицы Д.И. Менделеева и их сплавов.	Оценка на зачете с оценкой.
Раздел 4. Явления переноса в полупроводниках в условиях стационарной неравновесности.	Знает: Вид и физический смысл функции распределения Ферми-Дирака и ее использование для расчета концентраций носителей заряда в полупроводнике. Умеет: Использовать основы теории физики и химии твердых тел для решения задач описания процессов, происходящих в наноструктурных системах. Владеет: Практическими навыками применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине; основными понятиями и закономерностями явлений переноса в условиях стационарной неравновесности, дрейфовой и диффузионной электропроводности.	Оценка на зачете с оценкой.
Раздел 5. Нестационарные процессы в полупроводниках.	Знает: Особенности равновесных и неравновесных процессов на границе раздела гетероструктур, особенности переноса в низкоразмерных структурах. Умеет: Объяснить возникновение состояний Тамма и Шокли вследствие нарушения периодичности кристаллической решетки и внутреннего электрического поля в кристалле. Владеет: Методами оценки квазипотенциалов Ферми для электронов и дырок.	Оценка на зачете с оценкой.
Раздел 6. Полупроводниковые устройства с р-п-переходом.	Знает: Принцип работы нанодиодов на основе нанотрубок. Умеет: Осуществлять построение моделей полупроводниковых диодов. Владеет: Методами решения уравнений моделей полупроводниковых диодов.	Оценка за контрольную работу №1 по (наивысший балл 20). Оценка на зачете с оценкой.

Раздел 7. Полевые нанотранзисторы.	Знает: Принципы работы полевых нанотранзисторов на основе полупроводниковых и металлических нанотрубок, на основе графена, одноэлектронных транзисторов с наноразмерными проводящими каналами, спиновых полевых нанотранзисторов с переносом заряда. Умеет: Осуществлять построение моделей МОП транзисторов. Владеет: Методами решения уравнений моделей МОП транзисторов.	Оценка за контрольную работу №2 (наивысший балл 20). Оценка на зачете с оценкой.
Раздел 8. Биполярные транзисторы и тиристоры.	Знает: Структуру биполярного транзистора и принцип его работы; Принцип работы тиристора. Умеет: Осуществлять построение моделей биполярных транзисторов и тиристоров. Владеет: Методами решения уравнений моделей биполярных транзисторов, тиристоров.	Оценка за контрольную работу №3(наивысший балл 20). Оценка на зачете с оценкой.
Раздел 9. Интегральные схемы и процессы их изготовления.	Знает: Классификацию интегральных схем; Процессы изготовления ИС и подготовительные операции. Умеет: Анализировать и пояснять основные технологические подготовительные операции в процессе изготовления ИС (фотолитография, эпитаксия, термическое оксидирование, ионная имплантация, металлизация). Владеет: Методами теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники.	Оценка на зачете с оценкой.
Раздел 10. Биполярные интегральные схемы.	Знает: Перспективы развития микро- и нанoeлектроники. Умеет: Выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач наноинженерии. Владеет: Методами построения оптимальной стратегии проведения исследований при решении задач наноинженерии	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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

—

— 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
«Наносистемы и технологии в микро- и нанoeлектронике»**

основной образовательной программы
28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа
«Материалы и технологии наноинженерии»
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.
4		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
5		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»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Планирование и организация проведения эксперимента»**

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена: профессором кафедры кибернетики ХТП,

д.т.н. Писаренко Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии», 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 «**Планирование и организация проведения эксперимента**» 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, вычислительной математики, макрокинетики химических процессов, гетерогенного катализа, общей и неорганической химии, органической химии.

Цель дисциплины – научить магистранта активно применять методы и средства основ теории планирования и анализа непрерывного и статического эксперимента для решения конкретных задач выбора научных гипотез о механизме протекания изучаемых нанопроцессов; построения моделей для возможных гипотез; проверке адекватности моделей нанопроцессов результатам эксперимента и направленной коррекции моделей; прецизионной оценки параметров моделей и выбора модели из совокупности конкурирующих, отражающей основные особенности динамики и статистики изучаемых нанопроцессов.

Задачи дисциплины:

- освоение магистрантами основ теории оценивания констант линейно- и нелинейно параметризованных моделей, в том числе байесовских методов оценивания, методов наименьших квадратов и максимального правдоподобия,

- приобретение практических навыков построения планов эксперимента со свойствами D-, A-, E-, G- оптимальности,

- приобретение практических навыков планирования дискриминирующих экспериментов и решения проблемы поиска высокоточных математических моделей исследуемых нанопроцессов.

Дисциплина «Планирование и организация проведения эксперимента» преподается в третьем семестре и заканчивается экзаменом. 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 «Планирование и организация проведения эксперимента» 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				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологии и решать их.	ПК-1.1 Знает современные методы, использующиеся при проведении научных исследований в нанотехнологии и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы. ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности. ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- методы планирования научного эксперимента и построения моделей нанопроцессов и наносистем;
- основы теории оценивания параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем;
- планы эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Критерии оптимальности планов D-, A-, E-, G- и их геометрическую интерпретацию. Метод случайного баланса;
- сущность теоремы эквивалентности;
- байесовский подход к прецизионной оценке параметров линейно- и нелинейно параметризованных моделей нанопроцессов и наносистем;
- непрерывные оптимальные планы эксперимента для оценки параметров моделей нанопроцессов и наносистем. Методы синтеза оптимальных тестирующих индикаторных сигналов;
- методы проверки статистических гипотез. Критерии проверки гипотез. Функции мощности критерия, несмещенные и равномерно наиболее мощные критерии;
- методы планирования динамического эксперимента для прецизионной оценки параметров моделей гидродинамической структуры потоков, зерна катализатора с наночастицами, каталитического реактора
- методы дискриминации математических моделей – энтропийный, отношения вероятностей;
- обобщенные критерии оптимальности при планировании дискриминирующих экспериментов при решении задач нанотехнологии.

Уметь:

- выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач нанотехнологии;
- осуществлять построение моделей нанопроцессов и наносистем и моделей экспериментального оборудования для реализации нанопроцессов;
- оценивать параметры линейно- и нелинейно параметризованных одно- и многооткликовых моделей нанопроцессов и наносистем;
- синтезировать оптимальные тестирующие индикаторные сигналы;
- планировать проведение динамического эксперимента для оценки параметров моделей нанопроцессов и наносистем;
- проводить оценку информативности эксперимента;
- использовать неявные конечно-разностные и коллокационные методы решения уравнений моделей нанопроцессов и наносистем;
- использовать методы Бартлетта и Хагао – проверки адекватности многооткликовых моделей нанопроцессов и наносистем экспериментальным данным;
- осуществлять дискриминацию математических моделей нанопроцессов с использованием критериев дискриминации, основанных на качественном и количественном анализе динамических и статических свойств моделей (χ^2 -критерий, энтропийный критерий Кульбака, обобщенный критерий отношения вероятностей);
- проводить оценку надежности принятия решений о выборе наилучшей модели;
- использовать методы случайного баланса и построения сверхнасыщенных планов эксперимента для разработки новых наноматериалов и новых полифункциональных катализаторов.

Владеть:

- методами планирования непрерывного и статического эксперимента для установления оптимальной стратегии проведения экспериментальных исследований нанопроцессов и наносистем;

- методами построения оптимальных планов на основе теоремы эквивалентности.
- методами синтеза оптимальных тестирующих индикаторных сигналов для построения высокопрецизионных моделей нанопроцессов;
- методами проверки статистических гипотез;
- методами оценки параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем;
- методами проверки адекватности разработанных моделей нанопроцессов и наносистем экспериментальным данным;
- методами дискриминации математических моделей нанопроцессов и наносистем;
- практическими навыками применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине.

3. ОБЪЁМ 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:	1,41	51	38,25
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
Самостоятельная работа	2,59	93	69,75
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,59	93	69,75
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	Самостоятельная работа
1 семестр					
	Введение. Классификация научных и научно-технических задач нанотехнологий. Общие подходы к их решению.	0,5	0,5	-	-
1	Раздел 1. Лабораторные исследования нанопроцессов и наносистем, их цели и задачи. Лабораторные химические реакторы.	10	2	3	5
1.1	Цели и задачи лабораторных исследований нанопроцессов.	0,5	0,5	-	-

1.2	Типы моделей кинетики химических реакций.	1,0	0,5	0,5	-
1.3	Модели реакторов при стационарных и нестационарных условиях протекания химических процессов.	1,5	0,5	-	1
1.4	Конструкции лабораторных реакторов – проточные и проточно-циркуляционные реакторы.	1,5	0,5	-	1
1.5	Методика проведения лабораторных экспериментов.	1,0	-	-	1
1.6	Анализ результатов экспериментов.	1,5	-	0,5	1
1.7	Определение оценок параметров моделей по результатам лабораторного эксперимента. Применение методов статистического моделирования при определении соответствия математической модели результатам эксперимента.	3,0	-	2	1
2	Раздел 2 Основы теории оценивания. Оценка параметров линейно- и нелинейно параметризованных одно- и многооткликовых моделей нанопроцессов.	16	2	4	10
2.1	Выборочный метод, распределение выборки, выборочные оценки. Общие требования, предъявляемые к оценкам. Оптимальные линейные оценки.	4,0	0,5	0,5	3
2.2	Оценка параметров одно- и многооткликовых линейно и нелинейно параметризованных моделей при равнооточных и неравнооточных наблюдениях.	7,0	1	3	3
2.3	Неравенство информации, оценки с минимальной дисперсией и достаточные оценки. Асимптотические свойства оценок максимального правдоподобия.	5,0	0,5	0,5	4
3	Раздел 3 Планы эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Критерии оптимальности планов. Численные методы построения D-оптимальных и минимаксных планов при исследовании нанопроцессов и наносистем.	15	2	3	10
3.1	Планы экспериментов. Область экспериментирования. Спектр плана. Вероятностная мера плана. Точные и непрерывные оптимальные планы.	3,0	0,5	0,5	2

3.2	Метод случайного баланса. Теория распознавания образов и методы теории регрессионного и конъюнктного анализа	3,5	0,5	1	2
3.3	D-, A-, E-, G-критерии оптимальности планов. Геометрическая интерпретация критериев оптимальности.	3,0	0,5	0,5	2
3.4	Численные методы построения D-оптимальных непрерывных планов эксперимента для линейно параметризованных однооткликовых и многооткликовых моделей.	5,5	0,5	1	4
4	Раздел 4. Теорема эквивалентности оптимальных планов.	8	1	2	5
4.1	Основные свойства информационной матрицы. Взвешенная сумма дисперсий оценок отклика. Нижняя граница максимальной величины взвешенной дисперсии оценки отклика.	1,5	0,5	-	1
4.2	Теорема эквивалентности оптимальных планов эксперимента, ее доказательство.	1,5	0,5	-	1
4.3	Использование утверждений теоремы эквивалентности при создании процедур построения планов эксперимента для нанопроцессов.	5	-	2	3
5	Раздел 5. Байесовский подход к оценке параметров линейно- и нелинейно параметризованных моделей нанопроцессов и наносистем.	13	1	2	10
5.1	Байесовский подход к решению задачи прецизионной оценки параметров модели. Субъективная интерпретация априорной информации. Апостериорная плотность распределения вероятностей вектора параметров и откликов модели.	3,0	0,5	0,5	2
5.2	Однооткликовые модели. Байесовские процедуры уточнения их параметров. Построение последовательных планов эксперимента.	4,5	-	0,5	4
5.3	Многооткликовые модели. Последовательные байесовские процедуры прецизионной оценки их параметров. Непрерывные планы эксперимента.	5,5	0,5	1	4

6	Раздел 6. Непрерывные оптимальные планы эксперимента для оценки параметров кинетических моделей и моделей кинетики адсорбции. Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов.	16	2	4	10
6.1	Классификация задач непрерывной параметрической идентификации. Процедуры оптимальной организации лабораторного и стендового эксперимента.	3,5	0,5	-	3
6.2	Построение моделей экспериментального оборудования для реализации нанопроцессов.	4,5	0,5	1	3
6.3	Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов. Оценка информативности эксперимента.	5,5	0,5	2	3
6.4	Классификация кинетических моделей, моделей кинетики адсорбции. Основные математические методы решения уравнений моделей. Расчет информационной матрицы и величин критериев оптимальности планов.	2,5	0,5	1	1
7	Раздел 7. Планирование динамического эксперимента для прецизионной оценки параметров моделей гидродинамической структуры потоков, зерна катализатора с наноцентрами, каталитического реактора.	16	2	4	10
7.1	Классификация идентифицируемых моделей структуры потоков в реакторе, моделей зерна катализатора с наноцентрами, моделей каталитического реактора.	2,5	0,5	1	1
7.2	Планирование динамического эксперимента. Синтез оптимальных индикаторных сигналов, процедуры раздельной и совместной подачи различных индикаторов в исследуемый объект.	3,5	0,5	1	2
7.3	Неявные конечно-разностные и коллокационные методы решения уравнений моделей нанопроцессов и наносистем.	5,5	0,5	1	4
7.4	Построение оптимальных планов проведения динамического эксперимента. Оценка точности	4,5	0,5	1	3

	получаемых оценок параметров модели.				
8	Раздел 8. Проверка статистических гипотез. Простые и сложные гипотезы. Критерии проверки гипотез. Функция мощности критерия, несмещенные и равномерно наиболее мощные критерии.	15	1	4	10
8.1	Простые и сложные параметрические гипотезы. Нулевая гипотеза. Критерии статистической гипотезы. Основные статистики для формирования различных критериев. Ошибки первого и второго рода.	2,5	0,5	1	1
8.2	Функция мощности критерия. Несмещенный, наиболее мощный, равномерно наиболее мощный критерии. Условия существования равномерно наиболее мощного критерия, теорема Неймана-Пирсона.	6,0	-	1	5
8.3	Метод отношения правдоподобия. Методы Бартлетта и Хагао – проверки адекватности многоотклитковых моделей нанопроцессов и систем экспериментальным данным.	6,5	0,5	2	4
9	Раздел 9. Дискриминация математических моделей. Методы дискриминации – энтропийный, отношения вероятностей.	17	2	5	10
9.1	Общие подходы к дискриминации математических моделей нанопроцессов и наносистем. Недостатки традиционных методов дискриминации моделей.	5,0	0,5	0,5	4
9.2	Критерии дискриминации, основанные на качественном анализе динамических и статических свойств моделей. Количественные критерии дискриминации моделей - χ^2 -критерий, энтропийный критерий Кульбака, обобщенный критерий отношения вероятностей. Их основные достоинства и недостатки.	7,0	1	2	4
9.3	Построение процедур выбора модели, наиболее соответствующей экспериментальным данным, среди совокупности конкурирующих. Байесовские методы, методы обобщенного отношения вероятностей. Оценка надежности	5,0	0,5	2,5	2

	решений о выборе наилучшей модели.				
10	Раздел 10. Планирование дискриминирующих экспериментов. Обобщенные критерии оптимальности. Оценка надежности принимаемых решений.	17	1	3	13
10.1	Стратегия эффективного экспериментирования при дискриминации конкурирующих моделей. Дискриминантная функция Кульбака. Построение последовательного плана эксперимента, обеспечивающего максимальный прирост дискриминантной функции Кульбака.	6,5	0,5	1	5
10.2	Функция обобщенного отношения правдоподобия. Построение плана дискриминирующего эксперимента, обеспечивающего максимальный прирост суммы величин логарифма обобщенного отношения правдоподобия. Оценка надежности принимаемых решений.	6,0	-	1	5
10.3	Комплексные критерии дискриминации моделей и уточнение их параметров. Выбор оптимальной стратегии экспериментирования при решении задач наноинженерии.	4,5	0,5	1	3
	Заключение.	0,5	0,5	-	
	Экзамен	36	-	-	-
	Всего	180	17	34	93

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение. Классификация научных и научно-технических задач наноинженерии. Общие подходы к их решению.

Задачи дисциплины и ее роль при моделировании нанопроцессов и наносистем. Общие подходы к решению проблемы установления механизма изучаемых нанопроцессов и построению по экспериментальным данным адекватных им математических моделей. Методы планирования научного эксперимента, оценки параметров моделей, проверка научных и научно-технических гипотез. Последовательный статистический анализ, построение функций потерь и статических решающих функций. Выбор оптимальной стратегии проведения экспериментальных исследований.

Раздел 1. Лабораторные исследования нанопроцессов и наносистем, их цели и задачи. Лабораторные химические реакторы.

1.1. Цели и задачи лабораторных исследований нанопроцессов.

1.2. Типы моделей кинетики химических реакций.

- 1.3. Модели реакторов при стационарных и нестационарных условиях протекания химических процессов.
- 1.4. Конструкции лабораторных реакторов – проточные и проточно-циркуляционные реакторы.
- 1.5. Методика проведения лабораторных экспериментов.
- 1.6. Анализ результатов экспериментов. Ошибки экспериментов скалярного и векторного типов. Плотности и функции распределения случайных ошибок эксперимента. Методы моделирования на ЭВМ случайных величин с априори заданными плотностями распределения. Преобразования скалярных и векторных случайных величин. Критерии независимости случайных величин. Линейные и нелинейные преобразования моделей химических процессов.
- 1.7. Определение оценок параметров моделей по результатам лабораторного эксперимента. Применение методов статистического моделирования при определении соответствия математической модели результатам эксперимента.

Раздел 2. Основы теории оценивания. Оценка параметров линейно- и нелинейно параметризованных одно- и многооткликowych моделей нанопроцессов и наносистем.

- 2.1. Выборочный метод, распределение выборки, выборочные оценки. Общие требования, предъявляемые к оценкам. Оптимальные линейные оценки.
- 2.2. Оценка параметров одно- и многооткликowych линейно и нелинейно параметризованных моделей при равнооточных и неравнооточных наблюдениях. Точечные оценки параметров, дисперсионно-ковариационная матрица оценок параметров, точечная оценка значений откликов, дисперсионно-ковариационная матрица точечных оценок значений откликов.
- 2.3. Неравенство информации, оценки с минимальной дисперсией и достаточные оценки. Оценка вектора параметров модели. Асимптотические свойства оценок максимального правдоподобия.

Раздел 3. Планы эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Критерии оптимальности планов. Численные методы построения D-оптимальных и минимаксных планов при исследовании нанопроцессов и наносистем.

- 3.1. Планы экспериментов. Область экспериментирования. Спектр плана. Вероятностная мера плана. Точные и непрерывные оптимальные планы.
- 3.2. Метод случайного баланса. Экспериментальное определение доминирующих эффектов факторов, среди общей совокупности конкурирующих, и существенно превышающие доминирующие и общее число поставленных опытов. Для оценки числа доминирующих факторов используются теория распознавания образов и методы теории регрессионного и конъюнктного анализа. Метод случайного баланса иллюстрируется на примерах синтеза материалов, используемых в катализе и микроэлектронике.
- 3.3. D-, A-, E-, G-критерии оптимальности планов. Геометрическая интерпретация критериев оптимальности.
- 3.4. Численные методы построения D-оптимальных непрерывных планов эксперимента для линейно параметризованных однооткликowych и многооткликowych моделей.

Раздел 4. Теорема эквивалентности оптимальных планов.

- 4.1. Основные свойства информационной матрицы. Взвешенная сумма дисперсий оценок отклика. Нижняя граница максимальной величины взвешенной дисперсии оценки отклика.
- 4.2. Теорема эквивалентности оптимальных планов эксперимента, ее доказательство.
- 4.3. Использование утверждений теоремы эквивалентности при создании процедур построения планов эксперимента для нанопроцессов.

Раздел 5. Байесовский подход к оценке параметров линейно- и нелинейно параметризованных моделей нанопроцессов и наносистем.

- 5.1. Байесовский подход к решению задачи прецизионной оценки параметров модели. Субъективная интерпретация априорной информации. Теорема Байеса. Апостериорная плотность распределения вероятностей вектора параметров и откликов модели.
- 5.2. Однооткликовые модели. Байесовские процедуры уточнения их параметров. Построение последовательных планов эксперимента.
- 5.3. Многооткликовые модели. Последовательные байесовские процедуры прецизионной оценки их параметров. Непрерывные планы эксперимента.

Раздел 6. Непрерывные оптимальные планы эксперимента для оценки параметров кинетических моделей и моделей кинетики адсорбции. Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов.

- 6.1. Классификация задач непрерывной параметрической идентификации. Процедуры оптимальной организации лабораторного и стендового эксперимента.
- 6.2. Построение моделей экспериментального оборудования для реализации нанопроцессов.
- 6.3. Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов. Оценка информативности эксперимента.
- 6.4. Классификация кинетических моделей, моделей кинетики адсорбции. Основные математические методы решения уравнений моделей. Расчет информационной матрицы и величин критериев оптимальности планов.

Раздел 7. Планирование динамического эксперимента для прецизионной оценки параметров моделей гидродинамической структуры потоков, зерна катализатора с наноцентрами, каталитического реактора.

- 7.1. Классификация идентифицируемых моделей структуры потоков в реакторе, моделей зерна катализатора с наноцентрами, моделей каталитического реактора.
- 7.2. Планирование динамического эксперимента. Синтез оптимальных индикаторных сигналов, процедуры раздельной и совместной подачи различных индикаторов в исследуемый объект.
- 7.3. Неявные конечно-разностные и коллокационные методы решения уравнений моделей нанопроцессов и наносистем.
- 7.4. Построение оптимальных планов проведения динамического эксперимента. Оценка точности получаемых оценок параметров модели.

Раздел 8. Проверка статистических гипотез. Простые и сложные гипотезы. Критерии проверки гипотез. Функция мощности критерия, несмещенные и равномерно наиболее мощные критерии.

- 8.1. Простые и сложные параметрические гипотезы. Нулевая гипотеза. Критерии статистической гипотезы. Основные статистики для формирования различных критериев. Ошибки первого и второго рода.
- 8.2. Функция мощности критерия. Несмещенный, наиболее мощный, равномерно наиболее мощный критерии. Условия существования равномерно наиболее мощного критерия, теорема Неймана-Пирсона.
- 8.3. Метод отношения правдоподобия. Методы Бартлетта и Хагао – проверки адекватности многооткликовых моделей нанопроцессов и наносистем экспериментальным данным.

Раздел 9. Дискриминация математических моделей. Методы дискриминации – энтропийный, отношения вероятностей.

- 9.1. Общие подходы к дискриминации математических моделей нанопроцессов и наносистем. Недостатки традиционных методов дискриминации моделей.
- 9.2. Критерии дискриминации, основанные на качественном анализе динамических и статических свойств моделей. Количественные критерии дискриминации моделей - χ^2 -

критерий, энтропийный критерий Кульбака, обобщенный критерий отношения вероятностей. Их основные достоинства и недостатки.

9.3. Построение процедур выбора модели, наиболее соответствующей экспериментальным данным, среди совокупности конкурирующих. Байесовские методы, методы обобщенного отношения вероятностей. Оценка надежности решений о выборе наилучшей модели.

Раздел 10. Планирование дискриминирующих экспериментов. Обобщенные критерии оптимальности. Оценка надежности принимаемых решений.

10.1. Стратегия эффективного экспериментирования при дискриминации конкурирующих моделей. Дискриминантная функция Кульбака. Построение последовательного плана эксперимента, обеспечивающего максимальный прирост дискриминантной функции Кульбака.

10.2. Функция обобщенного отношения правдоподобия. Построение плана дискриминирующего эксперимента, обеспечивающего максимальный прирост суммы величин логарифма обобщенного отношения правдоподобия. Оценка надежности принимаемых решений.

10.3. Комплексные критерии дискриминации моделей и уточнение их параметров. Выбор оптимальной стратегии экспериментирования при решении задач наноинженерии.

Заключение. Заключительная лекция.

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	Раздел 8	Раздел 9	Раздел 10
	Знать:										
1.	Методы планирования научного эксперимента и построения моделей нанопроцессов и наносистем	+						+			
2.	Основы теории оценивания параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем	+	+						+		
3.	Планы эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Критерии оптимальности планов D-, A-, E-, G- и их геометрическую интерпретацию. Метод случайного баланса;			+							
4.	Сущность теоремы эквивалентности				+						
5.	Байесовский подход к прецизионной оценке параметров линейно- и нелинейно параметризованных моделей нанопроцессов и наносистем					+					
6.	Непрерывные оптимальные планы эксперимента для оценки параметров моделей нанопроцессов и наносистем. Методы синтеза оптимальных тестирующих индикаторных сигналов						+				
7.	Методы проверки статистических гипотез. Критерии проверки гипотез. Функции мощности критерия,								+		

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9	Раздел 10
	несмещенные и равномерно наиболее мощные критерии										
8.	Методы планирования динамического эксперимента для прецизионной оценки параметров моделей гидродинамической структуры потоков, зерна катализатора с наночестрами, каталитического реактора							+			
9.	Методы дискриминации математических моделей – энтропийный, отношения вероятностей									+	
10.	Обобщенные критерии оптимальности при планировании дискриминирующих экспериментов при решении задач нанотехнологии										+
	Уметь:										
11.	Выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач нанотехнологии.			+			+			+	+
12.	Осуществлять построение моделей нанопроцессов и наносистем и моделей экспериментального оборудования для реализации нанопроцессов	+					+				
13.	Оценивать параметры линейно- и нелинейно параметризованных одно- и многооткликовых моделей нанопроцессов и наносистем.		+								
14.	Синтезировать оптимальные индикаторные тестирующие сигналы						+				
15.	Планировать проведение динамического эксперимента для оценки параметров моделей нанопроцессов и наносистем							+			
16.	Проводить оценку информативности эксперимента					+					
17.	Использовать неявные конечно-разностные и коллокационные методы решения уравнений моделей нанопроцессов и наносистем							+			
18.	Использовать методы Бартлетта и Хагао – проверки адекватности многооткликовых моделей нанопроцессов и наносистем экспериментальным данным								+		
19.	Осуществлять дискриминацию математических моделей нанопроцессов с использованием критериев дискриминации, основанных на качественном и количественном анализе динамических и статических свойств моделей (χ^2 -критерий, энтропийный критерий Кульбака, обобщенный критерий отношения вероятностей)									+	
20.	Проводить оценку надежности принятия решений о выборе наилучшей модели								+		+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9	Раздел 10
21.	Использовать методы случайного баланса и построения сверхнасыщенных планов эксперимента для разработки новых материалов и новых полифункциональных катализаторов			+	+						
	Владеть:										
22.	Методами планирования непрерывного и статического эксперимента для установления оптимальной стратегии проведения экспериментальных исследований нанопроцессов и наносистем	+		+							
23.	Методами построения оптимальных планов на основе теоремы эквивалентности.				+						
24.	Методами синтеза оптимальных тестирующих индикаторных сигналов для построения высокопрецизионных моделей нанопроцессов						+				
25.	Методами проверки статистических гипотез								+		
26.	Методами оценки параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем		+		+	+					
27.	Методами проверки адекватности разработанных моделей нанопроцессов и наносистем экспериментальным данным								+		
28.	Методами дискриминации математических моделей нанопроцессов и наносистем									+	+
29.	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									
30.	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологий и решать их.	ПК-1.1 Знает современные методы, используемые при проведении научных исследований в нанотехнологии и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы.	+	+	+		+	+			+
		ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности.	+	+	+						

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7	Раздел 8	Раздел 9	Раздел 10
		ПК-1.3 Владеет приёмами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
31.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.2, 1.6-1.7	<i>Практическое занятие 1</i> 1. Определение условий классической корректности решения задач по Адамару и определение условий проверки научных гипотез по Колмогорову для заданных математических моделей (0.5 акад. ч) 2. Определение режимов работы физико-химических объектов по нелинейным математическим моделям. (0.5 акад. ч) 3. Определение векторов математических ожиданий и дисперсионно-ковариационных матриц для заданных двумерных плотностей распределения вероятностей (0.5 акад. ч) 4. Определение частных плотностей распределения по совместным плотностям распределения случайных векторов и определение условий независимости двух случайных векторов (0.5 акад. ч). 5. Формирование условных плотностей распределения (0.5 акад. ч). 6. Линейные преобразования нормальных случайных векторов и построение плотностей распределения преобразованных векторов (0.5 акад. ч).	3
2		<i>Практическое занятие 2</i>	2

	2,2	Определение неизвестных параметров двухоткликowych линейнопараметризованных моделей и расчет элементов дисперсионно-ковариационных матриц оценок параметров и откликов моделей.	
3	2,1, 2,3 3.1-3.4 4.3	<i>Практическое занятие 3</i> Построение непрерывного D-оптимального плана эксперимента при равнооточных измерениях для заданных линейнопараметризованных двухоткликowych моделей.	3
4	2,1, 2,3 3.1-3.4 4.3	<i>Практическое занятие 4</i> Построение непрерывного G-оптимального плана эксперимента при неравнооточных измерениях для заданных линейнопараметризованных двухоткликowych моделей.	3
5	5.1-5.3	<i>Практическое занятие 5</i> Планирование непрерывных экспериментов при байесовском оценивании параметров.	2
6	6.1-6.4	<i>Практическое занятие 6</i> Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов для оценки кинетических констант моделей каталитических реакций, проводимых в реакторах идеального смешения.	4
7	7.1-7.4	<i>Практическое занятие 7</i> Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов для оценки макрокинетических параметров моделей проточных реакторов с обратным перемешиванием.	4
8	8.1-8.3	<i>Практическое занятие 8</i> Проверка адекватности многооткликowych математических моделей.	4
9	9.1-9.3, 10.1	<i>Практическое занятие 9</i> Дискриминация кинетических моделей с использованием различных критериев.	6
10	3.2, 10.2- 10.3	<i>Практическое занятие 10</i> Метод случайного баланса при поисках доминирующих эффектов факторов при синтезе активных катализаторов.	3
		ИТОГО	34

6.2. Лабораторные работы

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

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,
- подготовку к сдаче зачёта 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 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 60 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

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 контрольные работы**. Максимальная оценка за контрольные работы составляет 60 баллов.

РАЗДЕЛЫ 1-2.

Контрольная работа №1 Решение типовых задач по разделу математические основы дисциплины «Планирование и организация проведения эксперимента».

Максимальная оценка –20 баллов. Контрольная работа № 1 включает 6 вопросов. Вопросы 1-3,6 оцениваются в 4 балла каждый, вопросы 4-5 в 2 балла каждый.

РАЗДЕЛЫ 3-4.

Контрольная работа №2 Решение типовых задач по оценке параметров однооткликowych моделей и расчету зависимости отклика от независимых параметров и дисперсии отклика по его траектории, а также оценка максимального числа, допускающих оценку констант по заданной совокупности наблюдений и установлению оптимальных условий проведения эксперимента с использованием критериев D-, A-, E- G- оптимальности плана эксперимента.

Максимальная оценка –20 баллов. Контрольная работа № 3 включает 3 вопроса по 5 баллов за 1-2 вопрос и 10 баллов за 3 вопрос.

РАЗДЕЛЫ 5-10

Контрольная работа №3 Решение типовых задач оценки параметров двуоткликowychлинейнопараметризованных моделей, построения дисперсионно-ковариационных матриц оценок параметров и расчета дисперсионно-ковариационных матриц прогноза по модели как функции условий проведения эксперимента при заданных результатах серии из 3-х экспериментов и дисперсионно-ковариационных матрицах ошибок наблюдений. Построение стратегии проведения дискриминирующего эксперимента для заданных двух

линейнопараметризованных моделей с использованием энтропийного критерия Кульбака или обобщенного метода отношения вероятностей.

Максимальная оценка –20 баллов. Контрольная работа № 3 включает 2 вопроса, 1 вопрос оценивается в 12 баллов, 2 вопрос оценивается в 8 баллов.

Примеры контрольных работ

Контрольная работа № 1. Решение типовых задач по разделу математические основы дисциплины «Планирование и организация проведения эксперимента».

Вариант 1

Задана функция $f(x, y) = a \cdot \sin(x) \cdot \sin(y)$

на множестве $0 \leq x \leq \pi$, $0 \leq y \leq \pi$ и

$f(x, y) = 0.0$ при $-\infty < x < 0.0$, $\pi < x < +\infty$

$-\infty < y < 0.0$, $\pi < y < +\infty$

1. Построить в заданной области на основе $f(x, y)$ плотность вероятности $p(x, y)$ случайных величин X, Y .
2. Определить математические ожидания случайных величин X, Y .
3. Определить дисперсии случайных величин X, Y и построить дисперсионно-ковариационную матрицу случайного вектора $Z = (X, Y)^T$.
4. Вычислить вероятность события $(X, Y) \in S$, где множество S состоит из элементов, удовлетворяющих следующим границам $\pi/3 < x < \pi/2$, $\pi/3 < y < \pi/2$.
5. Построить условную плотность вероятности $p(x | y = y_1)$, где $y_1 = \pi/6$.
6. Произвести замену переменных x, y на ξ, η в плотности вероятности $p(x, y)$ при условии, что

$$\begin{aligned} x &= \xi + \eta \\ y &= 2 \cdot \eta \end{aligned}$$

Контрольная работа №2 Решение типовых задач по оценке параметров однооткликовых моделей и расчету зависимости отклика от независимых параметров и дисперсии отклика по его траектории, а также оценка максимального числа, допускающих оценку констант по заданной совокупности наблюдений и установлению оптимальных условий проведения эксперимента с использованием критериев D-, A-, E- G- оптимальности плана эксперимента.

Вариант 1

Задана однооткликовая модель

$$\eta(\mathbf{z}, \boldsymbol{\theta}) = \boldsymbol{\varphi}^T(\mathbf{z}) \boldsymbol{\theta} \quad \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{z}) = [x, y^2]^T$$

Номер опыта	Стартовый план эксперимента Условия проведения опыта	Результаты эксперимента	Дисперсия наблюдения Y
N 1	$x = 1.0$ $y = 1.0$	$Y = 2.9$	0.16
N 2	$x = 1.0$ $y = 2.0$	$Y = 6.2$	0.16
N 3	$x = 2.0$ $y = 1.0$	$Y = 1.0$	0.16

1. При предположении равноточности и независимости наблюдений Y в области экспериментирования $G(x, y) \in (1. \leq x \leq 2., 1. \leq y \leq 2.)$ Определить методом наименьших квадратов оценки параметров $\boldsymbol{\theta}$ и

дисперсионно-ковариационную матрицу оценок θ . Вычислить по модели значения отклика η и дисперсию отклика в точке $x = 1.5$, $y = 1.5$ области экспериментирования.

2. Показать, что взвешенная сумма дисперсий оценки поверхности отклика $\sigma^2(\mathbf{z}, \varepsilon)$, вычисленная во всех точках плана ε , равна числу оцениваемых параметров модели.
3. Записать алгоритм построения D – оптимального плана эксперимента ε^* . На основе стартового плана эксперимента ε вычислить в области экспериментирования G условия проведения четвертого опыта и дискретную вероятностную меру четырехточечного плана эксперимента ε_4 , приводящие к максимальному возрастанию детерминанта информационной матрицы плана ε_4 .

Варианты задач:

1. Для заданной линейнопараметризованной модели, вектор параметров которой двумерен, записать алгоритм построения непрерывного A-оптимального плана эксперимента.
2. Для заданной линейнопараметризованной модели, вектор параметров которой двумерен, записать алгоритм построения непрерывного E-оптимального плана эксперимента.
3. Для заданной линейнопараметризованной модели, вектор параметров которой двумерен, записать алгоритм построения непрерывного G-оптимального плана эксперимента.
4. Задана однооткликровая линейнопараметризованная модель. Проведена серия из 3-х экспериментов. Наблюдения неравноточны. Заданы дисперсии ошибок наблюдений. Определить методом наименьших квадратов оценки параметров модели, дисперсионно-ковариационную матрицу оценок параметров и дисперсию отклика модели.
5. Задана однооткликровая линейнопараметризованная модель. Проведена серия из 3-х экспериментов. Наблюдения неравноточны. Заданы дисперсии ошибок наблюдений. Определить методом максимального правдоподобия оценки параметров модели, дисперсионно-ковариационную матрицу оценок параметров и дисперсию отклика модели.
6. Задана однооткликровая нелинейнопараметризованная модель. Проведена серия из 3-х экспериментов. Наблюдения неравноточны. Заданы дисперсии ошибок наблюдений. Определить методом максимального правдоподобия оценки параметров модели, дисперсионно-ковариационную матрицу оценок параметров и дисперсию отклика модели.
7. Задана однооткликровая нелинейнопараметризованная модель. Проведена серия из 3-х экспериментов. Наблюдения неравноточны. Заданы дисперсии ошибок наблюдений. Определить методом наименьших квадратов оценки параметров модели, дисперсионно-ковариационную матрицу оценок параметров и дисперсию отклика модели.

Контрольная работа №3 Решение типовых задач оценки параметров двухоткликсовых линейнопараметризованных моделей, построения дисперсионно-ковариационных матриц оценок параметров и расчета дисперсионно-ковариационных матриц прогноза по модели как функции условий проведения эксперимента при заданных результатах серии из 3-х экспериментов и дисперсионно-ковариационных матрицах ошибок наблюдений; построение стратегии проведения дискриминирующего эксперимента для заданных двух линейнопараметризованных моделей и процедуры проверки гипотез при условии, что для дискриминации моделей используется энтропийный критерий Кульбака или обобщенный метод отношения вероятностей.

Вариант 1

Задана двухоткликровая модель

$$\eta(\mathbf{z}, \theta) = F(\mathbf{z})^T \theta$$

$$F(\mathbf{z}) = \{f(\mathbf{z})_{i,j}\}$$

$$\text{где } \mathbf{z} = (x, y)^T$$

$$\begin{aligned} f_{11}(\mathbf{z}) &= x & f_{12}(\mathbf{z}) &= x^2 \\ f_{21}(\mathbf{z}) &= y & f_{22}(\mathbf{z}) &= y^2 \end{aligned}$$

Заданы стартовый план эксперимента ε , результаты эксперимента и дисперсионно-ковариационная матрица наблюдений

Номер опыта	Условия проведения опыта	Результаты опытов	Дисперсионно-ковариационная матрица наблюдений
N_1	$x = 1.$ $y = 1.$	$Y_1 = \begin{pmatrix} 6.0 \\ 6.0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 2.0 \end{pmatrix}$
N_2	$x = 2.$ $y = 2.$	$Y_2 = \begin{pmatrix} 9.8 \\ 17.8 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 2.0 & 0.0 \\ 0.0 & 4.0 \end{pmatrix}$
N_3	$x = 1.$ $y = 2.$	$Y_3 = \begin{pmatrix} 12.0 \\ 23.8 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 2.0 & 0.0 \\ 0.0 & 8.0 \end{pmatrix}$

Задана область экспериментирования $G(x, y) \in (1. \leq x \leq 2., 1. \leq y \leq 2.)$.

1. Определить методом наименьших квадратов оценки параметров θ двухоткликной модели и дисперсионно-ковариационную матрицу оценок параметров θ . Вычислить по модели значения вектора откликов η и дисперсионно-ковариационную матрицу вектора откликов в точке $x = 1.5$, $y = 1.7$ области экспериментирования G .

2. Вычислить нормированную сумму следа произведения матрицы эффективности эксперимента на дисперсионно-ковариационную матрицу вектора откликов. Суммирование ведется по всем точкам спектра плана ε .

Варианты задач:

1. Для заданной нелинейнопараметризованной модели, вектор параметров которой двумерен, записать алгоритм вычисления точечных байесовских оценок параметров и сформировать последовательную стратегию планирования эксперимента для уточнения байесовских оценок параметров. Плотность распределения вектора наблюдений известна, известны и ее параметры.

2. Даны две линейнопараметризованныеоднооткликные модели. Известны точечные оценки их параметров и дисперсии. Наблюдения предполагаются равноточными с заданной дисперсией. Построить стратегии проведения дискриминирующего эксперимента и процедуру проверки гипотез при условии, что для дискриминации моделей используется энтропийный критерий Кульбака.

3. Даны две линейнопараметризованныеоднооткликные модели. Известны точечные оценки их параметров и дисперсии. Наблюдения предполагаются равноточными с заданной дисперсией. Построить стратегии проведения дискриминирующего эксперимента и процедуру проверки гипотез при условии, что для дискриминации моделей используется обобщенный метод отношения вероятностей.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен, 3 семестр)

Билет содержит два теоретических вопроса, относящихся к разным разделам дисциплины. Максимальная оценка за первый теоретический вопрос – **10 баллов**, за второй теоретический вопрос – **30 баллов**.

Примеры вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Скалярные и векторные случайные величины. Совместная функция распределения многомерных случайных величин, ее основные свойства (10 баллов).
2. Скалярные и векторные случайные величины. Плотности распределения одномерных и многомерных случайных величин, их свойства (10 баллов).
3. Расчет элемента вероятности по совместной функции распределения вероятности и совместной плотности вероятности векторной случайной величины (10 баллов).
4. Определение плотности распределения вероятностей по совместной функции распределения вероятностей векторной случайной величины и обратно определение функции распределения вероятностей по плотности распределения. Оценка вероятности события попадания векторной случайной величины в заданное замкнутое множество S (10 баллов).
5. Оценка смещенных начальных и смещенных центральных моментов по плотности вероятностей векторной случайной величины. Определение математического ожидания случайного вектора и его дисперсионно-ковариационной матрицы.(10 баллов)
6. Частные функции распределения двумерного и многомерного случайного вектора. (10 баллов)
7. Определение частной плотности распределения двумерного и многомерного случайного вектора. Определение начальных моментов подмножества случайных величин по частным плотностям распределения.(10 баллов)
8. Условия статистической независимости двумерных случайных величин. Определение их по совместной функции распределения вероятностей и плотности распределения вероятностей.(10 баллов)
9. Условное распределение двумерных и многомерных случайных величин, их свойства.(10 баллов)
10. Нормальная плотность распределения вероятностей двумерной случайной величины. Условия независимости двумерного случайного вектора. Ее определение по коэффициентам корреляции.(10 баллов)
11. Нормальная плотность распределения многомерной случайной величины. Условия независимости двух подвекторов нормального случайного вектора.(10 баллов)
12. Преобразование переменных в кратных интегралах, определяющих плотность распределения вероятностей.(10 баллов)
13. Распределение линейных комбинаций линейных случайных векторов.(10 баллов)
14. Теория оценки параметров в линейно-параметризованных моделях. Определение статистики и оценки параметров моделей.Свойство оценок и их геометрическая интерпретация. (30 баллов)
15. Общая теория критериев проверки гипотез. Простые и сложные гипотезы. Критерии проверки гипотез. Критические области критериев. Ошибки первого и второго рода. Функция мощности критерия.(30 баллов)
16. Выборочный метод. Случайный выбор, распределение выборки, выборочные оценки.(10 баллов)
17. Метод максимального правдоподобия. Принцип максимального правдоподобия. Функция правдоподобия, отношение правдоподобия. Вычисление оценок

- максимального правдоподобия и их дисперсионно-ковариационной матрицы.(30 баллов)
18. Метод наименьших квадратов. Однооткликовые линейно-параметризованные модели нанопроцессов. Равноточные наблюдения. Оценка параметров моделей нанопроцессов. Вычисление дисперсионно-ковариационной матрицы оценок, значений отклика и дисперсии отклика.(30 баллов)
 19. Метод наименьших квадратов. Однооткликовые нелинейно-параметризованные модели нанопроцессов. Равноточные наблюдения. Оценка параметров моделей. Вычисление дисперсионно-ковариационной матрицы оценок, значений отклика и дисперсии отклика.(30 баллов)
 20. Метод наименьших квадратов. Однооткликовые линейно-параметризованные модели нанопроцессов. Неравноточные наблюдения. Оценка параметров моделей. Вычисление дисперсионно-ковариационной матрицы оценок, значений отклика и дисперсии отклика.(30 баллов)
 21. Метод наименьших квадратов. Многооткликовые линейно-параметризованные модели нанопроцессов. Неравноточные наблюдения. Оценка параметров моделей. Вычисление дисперсионно-ковариационной матрицы оценок, значений вектора откликов и дисперсионно-ковариационная матрица откликов.(30 баллов)
 22. Основные свойства м.н.к. оценок параметров линейно параметризованных моделей. Доказательство их свойств несмещенности и эффективности.(10 баллов)
 23. Планирование прецизионного и дискриминирующего экспериментов. Цели и задачи планирования эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Спектр плана. Вероятностная мера плана. (10 баллов)
 24. Планирование прецизионных экспериментов. Критерии D-, A-, E-, G-оптимальности плана. Их геометрическая интерпретация.(10 баллов)
 25. Метод случайного баланса. Экспериментальное определение доминирующих эффектов факторов, среди общей совокупности конкурирующих существенно превышающие доминирующие и общее число поставленных опытов. Теория распознавания образов и методы теории регрессионного и конъюнктного анализа для оценки числа доминирующих факторов.(30 баллов)
 26. Непрерывные планы эксперимента. Информационная матрица плана, ее свойства. (10 баллов)
 27. Непрерывные планы эксперимента. Определение величины взвешенной суммы дисперсий отклика модели и минимального значения максимальной взвешенной дисперсии.(30 баллов)
 28. Планирование динамического эксперимента. Синтез оптимальных индикаторных сигналов, процедуры отдельной и совместной подачи различных индикаторов в исследуемый объект. (30 баллов)
 29. Неявные конечно-разностные и коллокационные методы решения уравнений моделей нанопроцессов.(30 баллов)
 30. Теорема эквивалентности D- и G-оптимальных планов эксперимента. Ее роль при построении оптимальных планов оценки параметров модели. (10 баллов)
 31. Планирование экспериментов для оценки параметров многооткликовых моделей нанопроцессов. Расчет для заданного плана эксперимента взвешенного следа, произведение матрицы эффективности и дисперсионно ковариационной матрицы оценок откликов. (30 баллов)
 32. Однооткликовая линейно параметризованная модель. Метод построения D-оптимального плана эксперимента. (30 баллов)
 33. Однооткликовые нелинейно параметризованные модели нанопроцессов. Оценки их параметров. Наилучшая квазилинейная оценка. (30 баллов)

34. Принципы дискриминации однооткликковых моделей нанопроцессов. Критерий дискриминации моделей. Информационные меры предпочтения между моделями. (10 баллов)
35. Дискриминация моделей. Планирование дискриминирующего эксперимента. Критерий Кульбака. (30 баллов)
36. Принципы формирования апостериорной вероятности принятия конкурирующей модели. Теорема Байеса. Формула Байеса. (30 баллов)
37. Анализ и планирование непрерывного эксперимента для дискриминации моделей с одновременным уточнением их параметров. Критерий оптимальности плана. (30 баллов)
38. Энтропийный метод дискриминации моделей. Построение дискриминантной матрицы Кульбака. (30 баллов)
39. Энтропийный метод дискриминации моделей. Планирование дискриминирующего эксперимента. Байесовский метод выбора наилучшей модели. (30 баллов)
40. Компромиссные критерии дискриминации моделей и уточнение их параметров. Планирование эксперимента для максимизации компромиссного критерия. (30 баллов)

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

8.4. Структура и пример билета для экзамена (3 семестр)

Экзамен по дисциплине «Планирование и организация проведения эксперимента» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Билет включает 2 теоретических задания различного уровня сложности (10 и 30 баллов), оцениваемых в зависимости от уровня сложности. Максимальная оценка – 40 баллов.

<i>«Утверждаю» зав. кафедрой Глебов М.Б.</i> _____ (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
	28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»
	ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА
Билет № 10 - Нормальная плотность распределения вероятностей двумерной случайной величины. Условия независимости двумерного случайного вектора. Ее определение по коэффициентам корреляции (максимальная оценка – 10 баллов). - Дискриминация моделей. Планирование дискриминирующего эксперимента. Критерий Кульбака (максимальная оценка – 30 баллов).	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература.

1. Писаренко Е.В., Писаренко В.Н. Теория планирования эксперимента. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. 72с.
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.

Б) Дополнительная литература.

3. Писаренко В.Н., Полянский М.А., Кафаров В.В. Планирование прецизионных и дискриминирующих экспериментов в химической кинетике. Методы планирования. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1996. 60 с.
4. Федоров В. Теория оптимального эксперимента. М.: Наука, 1971. 312 с.
5. Бард И. Нелинейное оценивание параметров. М: Статистика, 1979. 349 с.
6. Дрейнер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М: Финансы и статистика, 1986. 366 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- «Российские нанотехнологии», ISSN– 1992-7223;
- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «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

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

- конспекты лекций в формате *.pdf – 17;
- компьютерные презентации интерактивных лекций – 17, (общее число слайдов – 240);
- банк вариантов контрольной работы № 1 – 30;
- банк вариантов контрольной работы № 2 – 30;
- банк вариантов контрольной работы № 3 – 30;
- демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows 7, MicrosoftOffice 2010).

Имеются дополнительные средства для изучения дисциплины: электронные учебные пособия, библиотека программ для решения уравнений моделей, задания к практическим занятиям (60 задач), задания к самостоятельным работам (60 задач).

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), к вебинарам (Zoom, Discord, MSteams), групповой электронной почте, онлайн-конференции в Zoom, 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 01.01.2022 составляет 1 559 436 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 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 10 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 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 лекционной дисциплины.

Демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для магистров, 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>.

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

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5. При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки. Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети 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 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.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Формы и методы контроля и оценки результатов освоения разделов

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Лабораторные исследования нанопроцессов и наносистем, их цели и задачи. Лабораторные химические реакторы.	Знает: Методы планирования научного эксперимента и построения моделей нанопроцессов и наносистем, основы теории оценивания параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем. Умеет: Осуществлять построение моделей нанопроцессов и наносистем и моделей экспериментального оборудования для реализации нанопроцессов. Владеет: Методами планирования непрерывного и статического эксперимента для установления оптимальной стратегии проведения экспериментальных исследований нанопроцессов и наносистем.	Оценка за контрольную работу №1 по разделам 1-2 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене
Раздел 2. Основы теории оценивания. Оценка параметров линейно- и нелинейно параметризованных одно- и многооткликовых моделей нанопроцессов и наносистем.	Знает: Основы теории оценивания параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем, методы проверки статистических гипотез. Умеет: Оценивать параметры линейно- и нелинейно параметризованных одно- и многооткликовых моделей нанопроцессов и наносистем. Владеет: Методами оценки параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем.	Оценка за контрольную работу 1 по разделам 1-2 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене
Раздел 3. Планы эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Критерии оптимальности планов. Численные методы построения D-оптимальных планов и минимаксных планов при исследовании нанопроцессов и наносистем.	Знает: Планы эксперимента. Дискретные и непрерывные планы. Критерии оптимальности планов D-, A-, E-, G-. Метод случайного баланса. Умеет: Выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач нанотехнологии, использовать методы случайного баланса и построения сверхнасыщенных планов эксперимента для разработки новых материалов и новых полифункциональных катализаторов. Владеет: Методами планирования непрерывного и статического эксперимента для установления оптимальной стратегии проведения экспериментальных исследований.	Оценка за контрольную работу 2 по разделам 3-4 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене
Раздел 4. Теорема эквивалентности оптимальных планов.	Знает: Сущность теоремы эквивалентности. Умеет: Использовать методы случайного баланса и построения сверхнасыщенных планов эксперимента для разработки новых материалов и новых полифункциональных катализаторов.	Оценка за контрольную работу 2 по разделам 3-4 (наивысший балл – 20).

	Владеет: Методами оценки параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей по экспериментальным данным. Методами построения оптимальных планов на основе теоремы эквивалентности	Оценка на экзамене
Раздел 5. Байесовский подход к оценке параметров линейно- и нелинейно параметризованных моделей нанопроцессов и наносистем.	Знает: Байесовский подход к прецизионной оценке параметров моделей нанопроцессов. Умеет: Проводить оценку информативности эксперимента. Владеет: Методами оценки параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей по экспериментальным данным.	Оценка за контрольную работу 3. Оценка на экзамене
Раздел 6. Непрерывные оптимальные планы эксперимента для оценки параметров кинетических моделей и моделей кинетики адсорбции. Синтез оптимальных тестирующих индикаторных сигналов.	Знает: Непрерывные оптимальные планы эксперимента при синтезе оптимальных тестирующих индикаторных сигналов. Умеет: Выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач наноинженерии, осуществлять построение моделей нанопроцессов и наносистем и моделей экспериментального оборудования для реализации нанопроцессов, синтезировать оптимальные тестирующие индикаторные сигналы. Владеет: Методами синтеза оптимальных тестирующих индикаторных сигналов для построения высокопрецизионных моделей нанопроцессов.	Оценка за контрольную работу 3 разделам 5-10 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене
Раздел 7. Планирование динамического эксперимента для прецизионной оценки параметров моделей гидродинамической структуры потоков, зерна катализатора с наночестрами, каталитического реактора.	Знает: Методы планирования динамического эксперимента для прецизионной оценки параметров моделей гидродинамической структуры потоков, зерна катализатора с наночестрами, каталитического реактора. Умеет: Планировать проведение динамического эксперимента для оценки параметров моделей нанопроцессов и наносистем, использовать неявные конечно-разностные и коллокационные методы решения уравнений моделей нанопроцессов и наносистем. Владеет: Практическими навыками применения вычислительной техники для решения задач, изучаемых в настоящей дисциплине.	Оценка за контрольную работу 3 разделам 5-10 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене
Раздел 8. Проверка статистических гипотез. Простые и сложные гипотезы. Критерии проверки гипотез. Функция мощности критерия, несмещенные и равномерно наиболее мощные критерии.	Знает: Методы проверки статистических гипотез. Критерии проверки гипотез. Функции мощности критерия, несмещенные и равномерно наиболее мощные критерии. Основы теории оценивания параметров линейно- и нелинейнопараметризованных моделей нанопроцессов и наносистем Умеет: Проводить оценку надежности принятия решений о выборе наилучшей модели. Использовать методы Бартлетта и Хагао – проверки адекватности многооткритковых	Оценка за контрольную работу 3 разделам 5-10 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене

	моделей нанопроцессов и наносистем экспериментальным данным Владеет: Методами проверки адекватности математических моделей экспериментальным данным. Методами проверки статистических гипотез	
Раздел 9. Дискриминация математических моделей. Методы дискриминации – энтропийный, отношения вероятностей.	Знает: Методы дискриминации математических моделей – энтропийный, отношения вероятностей. Умеет: Выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач наноинженерии. Осуществлять дискриминацию математических моделей нанопроцессов с использованием критериев дискриминации, основанных на качественном и количественном анализе динамических и статических свойств моделей (χ^2 -критерий, энтропийный критерий Кульбака, обобщенный критерий отношения вероятностей) Владеет: Методами дискриминации математических моделей нанопроцессов и наносистем	Оценка за контрольную работу 3 разделам 5-10 (наивысший балл – 20). Оценка на экзамене
Раздел 10. Планирование дискриминирующих экспериментов. Обобщенные критерии оптимальности.	Знает: Обобщенные критерии оптимальности при планировании дискриминирующих экспериментов при решении задач наноинженерии. Умеет: Проводить оценку надежности принятия решений о выборе наилучшей модели, выбирать оптимальную стратегию проведения экспериментальных исследований при решении задач наноинженерии. Владеет: Методами дискриминации математических моделей нанопроцессов.	Оценка за контрольную работу 3 разделам 5-10 (наивысший балл – 20). 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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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
«Планирование и организация проведения эксперимента»**

основной образовательной программы

28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа
«Материалы и технологии наноинженерии»
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.
4		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
5		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»

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Бифуркационный анализ химических систем»

Направление подготовки – 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

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 «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии», 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 «Бифуркационный анализ химических систем» 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, вычислительной математики, физической химии, гетерогенного катализа и каталитических процессов, математического и компьютерного моделирования, методов нелинейной динамики, а также численных методов решения уравнений математических моделей.

Цель дисциплины – приобретение теоретических знаний и практических навыков использования современных методов бифуркационного анализа химических систем для решения широкого круга задач исследования и прогнозирования различных режимов протекания процессов химической технологии, биотехнологии и нанотехнологии, а также управления хаотическими режимами в химических системах.

Задачи дисциплины:

- обучение теоретическим основам и технологии проведения бифуркационного (параметрического) анализа;
- обучение практическим навыкам исследования режимов протекания химико-технологических, биотехнологических и нанотехнологических процессов на основе анализа их параметрических портретов и бифуркационных диаграмм;
- овладение навыками использования современных вычислительных технологий для прогнозирования эволюции химических систем;
- ознакомление с основами управления хаотическими режимами в химических системах.

Дисциплина «Бифуркационный анализ химических систем» преподаётся 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 **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				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологии и решать их.	ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации;	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-

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 составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	результатов и их интерпретации	комплексы для проведения научно-исследовательских работ	конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов нанотехнологий	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей эффективности в своей профессиональной деятельности ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области	– методы исследований, испытаний, диагностики и	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические	ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»,

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
инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием.	утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 593н. Обобщенная трудовая функция D: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий.	Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.02.2014 № 72н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования

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
исследований до создания промышленных изделий.	исследований и других областей техники.			(уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- теоретические основы бифуркационного анализа;
- технологию проведения однопараметрического и двухпараметрического анализа реакционных систем;
- типы хаотического поведения в химических системах;
- способы управления хаосом.

Уметь:

- прогнозировать и анализировать возможные качественные изменения в системах;
- проводить однопараметрический и двухпараметрический анализ химических систем;
- выявлять различные режимы функционирования химических систем и прогнозировать их поведение на основе анализа математических моделей;
- стабилизировать хаотический режим с помощью алгоритма пропорциональной обратной связи.

Владеть:

- методологией проведения бифуркационного анализа;
- навыками выявления возможных сценариев эволюции химических систем по их параметрическим портретам;
- методологией управления хаосом с обратной связью;
- практическими навыками использования современных вычислительных технологий для прогнозирования эволюции химических систем;
- навыками визуализации результатов прогнозирования.

3. ОБЪЁМ 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:	2,36	85	63,75
Лекции	0,48	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25,5
Самостоятельная работа	2,64	95	71,25
Контактная самостоятельная работа	2,64	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		94,6	70,95
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек.	ЛЗ	ПЗ	СР
1.	Раздел 1. Бифуркации в химических системах	46	5	8	10	23
1.1	Основные понятия качественной теории дифференциальных уравнений	11	1	–	3	7
1.2	Основные понятия теории бифуркаций	11	1	–	3	7
1.3	Сложные бифуркации в двумерных нелинейных системах	24	3	8	4	9
2.	Раздел 2. Параметрический анализ химических систем	80	6	20	16	38
2.1	Технология проведения однопараметрического анализа	17	1	5	4	7
2.2	Технология проведения двухпараметрического анализа	17	1	5	4	7
2.3	Примеры параметрического анализа реакционных систем	46	4	10	8	24
3.	Раздел 3. Детерминированный хаос в химических системах	54	6	6	8	34
3.1	Хаотические режимы в химических системах	22	3	–	4	15
3.2	Теория управления хаосом	32	3	6	4	19
	ИТОГО	180	17	34	34	95

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Бифуркации в химических системах

1.1. Основные понятия качественной теории дифференциальных уравнений.

Общий вид макроскопических моделей химических процессов. Фазовые портреты систем. Основные элементы фазовых портретов двумерных систем: траектории, неподвижные точки, предельные циклы. Методы исследования типа неподвижных точек двумерных систем. Матрица Якоби, её след и собственные числа. Методика исследования двумерных систем в полярных координатах.

1.2. Основные понятия теории бифуркаций.

Понятие бифуркации. Локальные и нелокальные бифуркации. Основные виды бифуркаций, наблюдаемых в реакционных системах. Математическая модель реакции каталитического окисления СО как пример двумерной нелинейной системы с бифуркацией седло-узел. Математическая модель реакционной системы «брюсселятор» как пример двумерной нелинейной системы с бифуркацией Андронова-Хопфа. Бифуркационная память систем и типы её проявления.

1.3. Сложные бифуркации в двумерных нелинейных системах.

Математическая модель ферментативного процесса с субстратным ингибированием как пример двумерной нелинейной системы с двумя последовательными бифуркациями седло-узел. Бифуркации в нелинейных системах, заданных в полярных координатах. Бифуркация рождения двух предельных циклов. Бифуркация седло-узел со скачком в режим релаксационных автоколебаний.

Раздел 2. Параметрический анализ химических систем

2.1. Технология проведения однопараметрического анализа.

Общая методика анализа стационарных состояний и определения точек бифуркаций. Признаки бифуркаций. Методика обнаружения в системе бифуркации седло-узел. Методика

обнаружения в системе бифуркации Андронова-Хопфа. Бифуркационные диаграммы. Триггер и гистерезис в модели ферментативного процесса с субстратным ингибированием.

2.2. Технология проведения двухпараметрического анализа.

Параметрические портреты. Линии бифуркаций: линия кратности и линия нейтральности. Методики их построения. Алгоритмы продолжения по параметру. Точка трёхкратного равновесия системы. Анализ взаимного расположения линий кратности и нейтральности и выявление параметрических областей различных режимов динамического поведения химических систем.

2.3. Примеры параметрического анализа реакционных систем.

Автокаталитический триггер в модели адсорбции вещества на катализаторе. Модель каталитического окисления CO. Гетерогенно-каталитическая система с буферной стадией. Термокинетические модели гетерогенных реакций. Модель с учётом процессов окисления и восстановления поверхности катализатора в ходе реакции каталитического окисления CO.

Раздел 3. Детерминированный хаос в химических системах

3.1. Хаотические режимы в химических системах.

Понятие детерминированного хаоса. Примеры хаотического поведения в химических системах. Характерные особенности поведения систем с детерминированным хаосом. Странные аттракторы. Переход к хаосу через каскад бифуркаций удвоения периода в дискретных отображениях. Кластерная модель кристаллизации малорастворимых веществ как пример системы с каскадом бифуркаций удвоения периода. Переход к хаосу в модели Рёсслера. Странный аттрактор в модели процесса получения фосфорной кислоты в реакторе с рециклом. Показатели Ляпунова и методика выявления с их помощью хаотических режимов.

3.2. Теория управления хаосом.

Понятие стабилизации хаотического поведения динамических систем. Способы управления хаосом. Управление хаосом без обратной связи. Подавление хаоса в колебательной химической реакции. Подавление хаоса в процессах кристаллизации малорастворимых веществ. Управление хаосом с обратной связью. Алгоритм пропорциональной обратной связи. Требования, предъявляемые к системе, для применения алгоритма пропорциональной обратной связи. Понятие диапазона управления. Влияние величины диапазона управления на возможность стабилизации хаоса, длительность переходного периода и качество стабилизации. Стабилизация циклов периода 1 и 2 в логистическом отображении. Использование алгоритма пропорциональной обратной связи для управления хаотическими колебаниями в процессах кристаллизации малорастворимых веществ. Управление хаосом в реакции Белоусова–Жаботинского.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	теоретические основы бифуркационного анализа	+	+	
2	технологии проведения однопараметрического и двухпараметрического анализа реакционных систем		+	
3	типы хаотического поведения в химических системах			+
4	способы управления хаосом			+
	Уметь:			
5	прогнозировать и анализировать возможные качественные изменения в системах	+	+	+
6	проводить однопараметрический и двухпараметрический анализ химических систем		+	

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
7	выявлять различные режимы функционирования химических систем и прогнозировать их поведение на основе анализа математических моделей		+	+	+
8	стабилизировать хаотический режим с помощью алгоритма пропорциональной обратной связи				+
	Владеть:				
9	методологией проведения бифуркационного анализа		+	+	
10	навыками выявления возможных сценариев эволюции химических систем по их параметрическим портретам			+	
11	методологией управления хаосом с обратной связью				+
12	практическими навыками использования современных вычислительных технологий для прогнозирования эволюции химических систем		+	+	+
13	навыками визуализации результатов прогнозирования		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
14	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области наноинженерии и решать их.	ПК-1.3 Владеет приёмами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	+	+	+
15	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	+	+	+
16	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей эффективности в своей профессиональной деятельности ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	+	+	+
17	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием.	+	+	+
18	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать	ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий.		+	

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	параметры технологических операций			

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1	Методы исследования типа неподвижных точек двумерных систем. Матрица Якоби, её след и собственные числа.	2
2	1.1	Методика исследования двумерных систем в полярных координатах.	1
3	1.2	Основные виды бифуркаций, наблюдаемых в реакционных системах.	3
4	1.3	Математическая модель ферментативного процесса с субстратным ингибированием.	1
5	1.3	Бифуркации в нелинейных системах, заданных в полярных координатах.	3
6	2.1	Технология проведения однопараметрического анализа.	4
7	2.2	Параметрические портреты и методики их построения.	2
8	2.2	Методика выявления параметрических областей различных режимов поведения химических систем.	2
9	2.3	Автокаталитический триггер в модели адсорбции вещества на катализаторе.	1
10	2.3	Реакция каталитического окисления СО.	1
11	2.3	Гетерогенно-каталитическая система с буферной стадией.	2
12	2.3	Термокинетические модели гетерогенных реакций.	2
13	2.3	Модель с учётом процессов окисления и восстановления поверхности катализатора в ходе реакции каталитического окисления СО.	2
14	3.1	Примеры хаотического поведения в химических системах. Странные аттракторы.	1
15	3.1	Переход к хаосу через каскад бифуркаций удвоения периода в дискретных отображениях.	2
16	3.1	Показатели Ляпунова и методика выявления с их помощью хаотических режимов.	1
17	3.2	Способы управления хаосом.	2
18	3.2	Стабилизация циклов периода 1 и 2 в логистическом отображении с использованием алгоритма пропорциональной обратной связи.	2
		ИТОГО	34

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Бифуркационный анализ химических систем», а также способствует выработке практических навыков использования современных вычислительных технологий для прогнозирования эволюции химических систем и визуализации результатов прогнозирования.

Лабораторные работы охватывают все разделы дисциплины. В практикум входит 6 работ, выполнение каждой работы оценивается 3 баллами (всего – 18 баллов).

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1.3	Проведение вычислительных экспериментов по исследованию бифуркации рождения двух предельных циклов.	4
2	1.3	Проведение вычислительных экспериментов по исследованию бифуркации седло-узел со скачком в режим релаксационных автоколебаний.	4
3	2.1	Проведение вычислительных экспериментов по однопараметрическому исследованию качественных изменений в модели ферментативного процесса с субстратным ингибированием.	5
4	2.2	Построение параметрического портрета модели ферментативного процесса с субстратным ингибированием и выявление параметрических областей различных режимов протекания процесса.	5
5	2.3	Проведение вычислительных экспериментов по двухпараметрическому исследованию качественных изменений в модели адсорбции вещества на катализаторе с буферной стадией, выявление параметрических областей различных режимов протекания процесса и визуализация результатов прогнозирования поведения системы в различных параметрических областях.	10
6	3.2	Компьютерная реализация алгоритма пропорциональной обратной связи для управления хаотическими колебаниями в логистическом отображении. Проведение вычислительных экспериментов по исследованию влияния величины диапазона управления на возможность стабилизации хаоса, длительность переходного периода и качество стабилизации.	6
		ИТОГО	34

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 отчётов по лабораторным работам;
- подготовку к защите отчётов (устным опросам) по лабораторным работам;
- подготовку к выполнению контрольных работ;
- 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

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение лабораторных работ (максимальная оценка 18 баллов, по 3 балла за каждую из 6 работ), защиту отчётов по лабораторным работам (максимальная оценка 24 балла, по 4 балла за каждый из 6 отчётов), выполнение контрольных работ (максимальная оценка 18 баллов, 10 баллов за работу № 1 и 8 баллов за работу № 2) и итогового контроля в форме зачёта с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитическая работа рабочей программой дисциплины не предусмотрена.

8.2. Описание оценочных средств для текущего контроля освоения дисциплины

8.2.1. Описание заданий для лабораторных работ

Для текущего контроля предусмотрено выполнение 6 лабораторных работ, выполнение каждой работы оценивается 3 баллами (максимальная оценка 18 баллов). Темы работ и соответствие работ разделам дисциплины представлены в разделе 6.2. Ниже представлены подробное описание заданий и примеры вариантов заданий.

Работа № 1.

Задана система уравнений в полярных координатах:

$$\begin{cases} \frac{dr}{dt} = r[\alpha - k_2 - (r - k_1)^2] \\ \frac{d\varphi}{dt} = k_3 \end{cases}$$

Требуется исследовать расчётно-графическим способом поведение системы в зависимости от значений α . Построить фазовые портреты системы (не менее 6), подобрав для них значения α таким образом, чтобы показать основные этапы эволюции поведения изучаемой системы. При этом значения α рекомендуется выбирать таким образом, чтобы радиусы отображаемых предельных циклов можно было определить точно. Начальные условия для траекторий, их количество, шаг Δt и масштаб графиков подобрать таким образом, чтобы тип и основные характеристики отображаемых структур были очевидны. Для численного решения использовать явную схему Эйлера.

Примеры вариантов работы:

Вариант	k_1	k_2	k_3
1	1,3	-0,7	1,2
2	1,4	0	-0,8
3	0,9	0,3	-1,4

При выдаче задания вариант генерируется автоматически с помощью специальной программы.

Работа № 2.

Задана система уравнений в полярных координатах:

$$\begin{cases} \frac{dr}{dt} = r(k_1 - r) \\ \frac{d\varphi}{dt} = \alpha - k_2 - k_3 \sin(\varphi + k_4\pi) \end{cases}$$

Требуется исследовать расчётно-графическим способом поведение системы в зависимости от значений α (в заданном диапазоне). Построить фазовые портреты системы (не менее 8), подобрав для них значения α таким образом, чтобы показать основные этапы эволюции поведения изучаемой системы. Для выбранных значений α , при которых в системе существует предельный цикл, дополнительно к фазовому портрету построить временные зависимости $x(t)$, $y(t)$ с целью демонстрации бифуркационной памяти в системе. Начальные условия для траекторий, их количество, шаг Δt и масштаб графиков подобрать таким образом, чтобы тип и основные характеристики отображаемых структур были очевидны; при этом на графиках временных зависимостей $x(t)$, $y(t)$ должны отчётливо прослеживаться особенности колебаний. Для численного решения использовать явную схему Эйлера.

Примеры вариантов работы:

Вариант	k_1	k_2	k_3	k_4	Диапазон α
1	0,8	-0,5	1,2	1/4	$\geq k_2$
2	1,2	0,5	0,7	2/5	$\geq k_2$
3	1,6	0	1,5	-1/6	$\leq k_2$

При выдаче задания вариант генерируется автоматически с помощью специальной программы.

Работа № 3.

В реакторе идеального смешения непрерывного действия протекает ферментативный процесс по схеме:



где E – фермент (прикрепляется неподвижно на сетке), S – субстрат (подаётся протоком), ES , SES – промежуточные комплексы, P – продукт ферментативного синтеза. Математическая модель процесса имеет вид:

$$\frac{dS}{dt} = S_0 D - SD - W, \quad \frac{dP}{dt} = -PD + W, \quad W = \frac{kE_0 S}{K_S + S + K_i S^2},$$

где S_0 – концентрация субстрата в питающем потоке, E_0 – начальная концентрация фермента, D – скорость разбавления (величина, обратная времени пребывания), K_i – константа субстратного ингибирования.

Требуется провести однопараметрическое исследование качественных изменений в модели расчётно-графическим способом. Управляющий параметр для исследования (S_0 или D) выбрать по собственному усмотрению. Построить бифуркационную диаграмму зависимости стационарных состояний в системе от выбранного управляющего параметра таким образом, чтобы триггер и гистерезис, наблюдаемые в модели, были представлены объективно и отчётливо. Для численного решения системы использовать явную схему Эйлера. Диапазон варьирования значений выбранного управляющего параметра, шаг Δt и масштаб диаграммы подобрать самостоятельно исходя из соображения качественного, убедительного и полноценного представления результата исследования.

Примеры вариантов работы:

Вариант	S_0 (при выборе D в качестве варьируемого параметра)	D (при выборе S_0 в качестве варьируемого параметра)	k	E_0	K_S	K_i
1	14	0,2	6,5	1	1	0,5
2	10	0,2	5,4	0,7	0,6	0,5
3	12	0,04	0,9	1,1	0,75	0,5

Работа № 4.

Рассматривается математическая модель из задания № 3.

Требуется провести двухпараметрическое исследование качественных изменений системы в координатной плоскости параметров (D , S_0) расчётно-графическим способом. Построить параметрический портрет системы таким образом, чтобы на линии кратности была

отчётливо видна точка трёхкратного равновесия системы. Отобразить на параметрическом портрете диапазон варьирования управляющего параметра из задания № 3 (при этом масштаб графика подобрать таким образом, чтобы этот диапазон был очевидным).

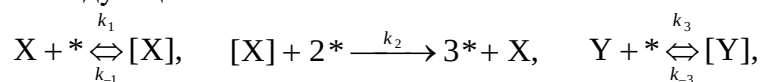
Продemonстрировать с помощью фазовых портретов различные режимы протекания процесса в разных параметрических областях (выбор начальных условий для траекторий и их количества сделать исходя из соображения отчётливой демонстрации количества и типа неподвижных точек, наблюдаемых в той или иной параметрической области). Пары значений D и S_0 для построения фазовых портретов выбрать самостоятельно с помощью параметрического портрета. Количество требуемых фазовых портретов определить самостоятельно исходя из соображения полноценного представления возможных режимов поведения системы в разных параметрических областях и наблюдаемых в системе бифуркаций. На каждом фазовом портрете в обязательном порядке отметить:

- прямую неподвижных точек, соответствующую уравнению $\bar{P} = S_0 - \bar{S}$;
- неподвижные точки.

На параметрическом портрете обозначить точки, соответствующие всем построенным фазовым портретам. Для численного решения системы использовать явную схему Эйлера. Шаг Δt и масштаб графиков подобрать самостоятельно исходя из соображения качественного, убедительного и полноценного представления результата исследования.

Работа № 5.

Рассматривается процесс, в котором вещества X и Y адсорбируются на поверхность катализатора согласно следующей кинетической схеме:



где $*$ – «свободное место» на поверхности катализатора; X , Y – вещества в газовой фазе; $[X]$, $[Y]$ – вещества X и Y , адсорбированные на поверхности катализатора.

Если температура и давление газовой фазы постоянны, то кинетическая модель процесса имеет вид:

$$\frac{dx}{dt} = k_1 z - k_{-1} x - k_2 z^2 x, \quad \frac{dy}{dt} = k_3 z - k_{-3} y,$$

где x , y – поверхностные концентрации веществ X и Y , отнесённые к максимальному количеству свободных мест (т.е. нормированные от 0 до 1); z – нормированная концентрация свободных мест, причём: $z = 1 - x - y$.

Требуется провести двухпараметрическое исследование качественных изменений системы в координатной плоскости параметров (k_{-1}, k_1) расчётно-графическим способом. Построить параметрический портрет системы, отобразив на нём линии кратности и нейтральности.

Продemonстрировать с помощью фазовых портретов различные режимы протекания процесса в разных параметрических областях (выбор начальных условий для траекторий и их количества сделать исходя из соображения отчётливой демонстрации всех структур, наблюдаемых в той или иной параметрической области). Пары значений k_1 и k_{-1} для построения фазовых портретов выбрать самостоятельно с помощью параметрического портрета. Количество требуемых фазовых портретов определить самостоятельно исходя из соображения полноценного представления возможных режимов поведения системы в разных параметрических областях и наблюдаемых в системе бифуркаций. На каждом фазовом портрете в обязательном порядке отметить:

- прямую $y = 1 - x$, ограничивающую область физического смысла фазового портрета;
- прямую неподвижных точек, соответствующую уравнению $\bar{y} = (1 - \bar{x})k_3 / (k_3 + k_{-3})$;
- неподвижные точки.

На параметрическом портрете обозначить точки, соответствующие всем построенным фазовым портретам. Для численного решения системы использовать явную схему Эйлера. Шаг

Δt и масштаб графиков подобрать самостоятельно исходя из соображения качественного, убедительного и полноценного представления результата исследования.

Примеры вариантов работы:

Вариант	k_2	k_3	k_3
1	1,5	0,003	0,003
2	1,4	0,007	0,007
3	1,5	0,007	0,005

Работа № 6.

Заданы дискретное логистическое отображение $x_{j+1} = f(\alpha, x_j)$ и интервал допустимых значений управляющего параметра α .

Требуется реализовать управление хаотическим режимом с помощью алгоритма пропорциональной обратной связи при значении управляющего параметра α_0 , соответствующем правой границе заданного интервала. Начальное условие x_0 задать по собственному усмотрению с точностью до 0,1.

Провести вычислительные эксперименты по исследованию влияния величины диапазона управления на возможность стабилизации хаоса, длительность переходного периода и качество стабилизации. Результаты исследования отразить с помощью следующих точечных графиков:

- зависимость $x_j = f(j)$ без стабилизации хаотического режима;
- зависимость $x_j = f(j)$ со стабилизацией хаотического режима в неустойчивой неподвижной точке $\bar{x}_2(\alpha_0)$ для каждого выбранного значения величины диапазона управления;
- график управления системой $\alpha = f(j)$ для каждого выбранного значения величины диапазона управления.

Значения величины диапазона управления при проведении исследования выбирать самостоятельно исходя из соображения качественного, убедительного и полноценного представления результатов исследования.

Примеры вариантов работы:

Вариант	Отображение	интервал α
1	$x_{j+1} = \frac{1}{2} \alpha x_j (1 - \sqrt{x_j})$	$\alpha \in [0; 13,5]$
2	$x_{j+1} = \frac{1}{3} \alpha x_j (1 - \sqrt{x_j})$	$\alpha \in [0; 20,25]$
3	$x_{j+1} = \frac{2}{9} \alpha x_j (1 - \sqrt[3]{x_j})$	$\alpha \in [0; 42,6]$

8.2.2. Требования к отчётам по лабораторным работам

Выполнение каждой лабораторной работы завершается написанием отчёта и его защитой. Каждый отчёт должен составляться именно для своего индивидуального варианта задания, учитывать его особенности и вывод требуемых соотношений; изложение общих теоретических вопросов в отчётах не требуется. Индивидуальную теоретическую подготовку к проведению вычислительных экспериментов в отчётах требуется выполнять исключительно в рукописном варианте.

На защите отчётов по лабораторным работам студент должен уметь рассказать о результатах исследования заданных систем по графикам и уметь сопоставить эти результаты с теоретическим анализом, проведённым при подготовке отчёта, а также знать все определения и общие теоретические положения соответствующего раздела дисциплины. Контрольные вопросы студенту во время защиты отчётов преподаватель может задавать по собственному усмотрению, руководствуясь целью выявления глубины понимания студентом проработанного теоретического материала и качества выполненного компьютерного исследования.

8.2.3. Темы и примеры контрольных работ

Для текущего контроля предусмотрено **2 контрольные работы**. Максимальная оценка за контрольные работы составляет 18 баллов (10 баллов за работу № 1 и 8 баллов за работу № 2).

Контрольная работа № 1

Контрольная работа № 1 предусматривает оценку теоретических знаний по разделам № 1 и № 2. Тема работы: «**Бифуркации в химических системах и их параметрический анализ**».

Контрольная работа № 1 состоит из **2 контрольных вопросов**, каждый из которых оценивается **5 баллами**.

Примеры вариантов контрольной работы № 1

Вариант № 1

1. Методика обнаружения в системе бифуркации седло-узел.
2. Описание бифуркации рождения двух предельных циклов.

Вариант № 2

1. Общий вид макроскопических моделей химических процессов. Фазовые портреты систем.

2. Модель с учётом процессов окисления и восстановления поверхности катализатора в ходе реакции каталитического окисления СО. Бифуркации, наблюдаемые в модели.

Вариант № 3

1. Линия кратности на параметрическом портрете. Методика построения.
2. Математическая модель реакционной системы «брюсселятор» как пример двумерной нелинейной системы с бифуркацией Андронова-Хопфа.

Контрольная работа № 2

Контрольная работа № 2 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по разделу № 3. Тема работы: «**Детерминированный хаос в химических системах**».

Контрольная работа № 2 состоит из **2 контрольных вопросов**, каждый из которых оценивается **4 баллами**.

Примеры вариантов контрольной работы № 2

Вариант № 1

1. Характерные особенности поведения систем с детерминированным хаосом.
2. Использование алгоритма пропорциональной обратной связи для управления хаотическими колебаниями в процессах кристаллизации малорастворимых веществ.

Вариант № 2

1. Способы управления хаосом.
2. Странный аттрактор в модели процесса получения фосфорной кислоты в реакторе с рециклом.

Вариант № 3

1. Показатели Ляпунова и методика выявления с их помощью хаотических режимов.
2. Подавление хаоса в колебательной химической реакции.

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

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

1. Общий вид макроскопических моделей химических процессов. Фазовые портреты систем. Привести примеры.

2. Основные элементы фазовых портретов двумерных систем: траектории, неподвижные точки, предельные циклы. Привести примеры.
3. Методы исследования типа неподвижных точек двумерных систем. Привести примеры.
4. Матрица Якоби, её след и собственные числа.
5. Методика исследования двумерных систем в полярных координатах. Привести примеры.
6. Понятие бифуркации. Локальные и нелокальные бифуркации. Основные виды бифуркаций, наблюдаемых в реакционных системах.
7. Математическая модель реакции каталитического окисления СО как пример двумерной нелинейной системы с бифуркацией седло-узел.
8. Математическая модель реакционной системы «брюсселятор» как пример двумерной нелинейной системы с бифуркацией Андронова-Хопфа.
9. Бифуркационная память систем и типы её проявления. Привести примеры.
10. Математическая модель ферментативного процесса с субстратным ингибированием как пример двумерной нелинейной системы с двумя последовательными бифуркациями седло-узел.
11. Бифуркация рождения двух предельных циклов.
12. Бифуркация седло-узел со скачком в режим релаксационных автоколебаний.
13. Общая методика анализа стационарных состояний химических систем и определения точек бифуркаций. Привести примеры.
14. Методика обнаружения в системе бифуркации седло-узел. Признак бифуркации.
15. Методика обнаружения в системе бифуркации Андронова-Хопфа. Признак бифуркации.
16. Бифуркационные диаграммы химических систем. Привести примеры.
17. Триггер и гистерезис в модели ферментативного процесса с субстратным ингибированием.
18. Параметрические портреты химических систем. Линии бифуркаций: линия кратности и линия нейтральности. Анализ их взаимного расположения. Точка трёхкратного равновесия системы.
19. Линия кратности на параметрическом портрете. Методика построения.
20. Линия нейтральности на параметрическом портрете. Методика построения.
21. Алгоритмы продолжения по параметру при построении параметрических портретов химических систем.
22. Методика выявления параметрических областей различных режимов динамического поведения химических систем.
23. Параметрический анализ модели ферментативного процесса с субстратным ингибированием.
24. Автокаталитический триггер в модели адсорбции вещества на катализаторе. Бифуркационная диаграмма модели.
25. Модель адсорбции вещества на катализаторе. Параметрический анализ модели.
26. Триггер в модели каталитического окисления СО. Бифуркационная диаграмма модели.
27. Модель каталитического окисления СО. Параметрический анализ модели.
28. Модель гетерогенно-каталитической системы с буферной стадией. Методика построения параметрического портрета.
29. Модель гетерогенно-каталитической системы с буферной стадией. Параметрический анализ модели.
30. Термокинетические модели гетерогенных реакций. Методика построения параметрического портрета.
31. Термокинетические модели гетерогенных реакций. Параметрический анализ модели.
32. Модель с учётом процессов окисления и восстановления поверхности катализатора в ходе реакции каталитического окисления СО. Методика построения параметрического портрета.

33. Модель с учётом процессов окисления и восстановления поверхности катализатора в ходе реакции каталитического окисления СО. Параметрический анализ модели.
34. Понятие детерминированного хаоса. Примеры хаотического поведения в химических системах.
35. Понятие детерминированного хаоса. Характерные особенности поведения систем с детерминированным хаосом.
36. Странные аттракторы. Привести примеры.
37. Переход к хаосу через каскад бифуркаций удвоения периода в дискретных отображениях.
38. Кластерная модель кристаллизации малорастворимых веществ как пример системы с каскадом бифуркаций удвоения периода.
39. Переход к хаосу в модели Ресслера.
40. Странный аттрактор в модели процесса получения фосфорной кислоты в реакторе с рециклом.
41. Показатели Ляпунова и методика выявления с их помощью хаотических режимов.
42. Показатели Ляпунова. Пример расчёта показателей Ляпунова для двумерной системы.
43. Понятие стабилизации хаотического поведения динамических систем. Привести примеры.
44. Способы управления хаосом. Краткое описание каждого способа.
45. Методика управления хаосом без обратной связи. Привести примеры.
46. Подавление хаоса в колебательной химической реакции.
47. Подавление хаоса в процессах кристаллизации малорастворимых веществ.
48. Методика управления хаосом с обратной связью. Привести примеры.
49. Управление хаосом с обратной связью. Алгоритм пропорциональной обратной связи. Требования, предъявляемые к системе, для применения алгоритма пропорциональной обратной связи.
50. Управление хаосом с обратной связью. Понятие диапазона управления. Влияние величины диапазона управления на возможность стабилизации хаоса, длительность переходного периода и качество стабилизации.
51. Управление хаосом с обратной связью. Стабилизация цикла периода 1 в логистическом отображении.
52. Управление хаосом с обратной связью. Стабилизация цикла периода 2 в логистическом отображении.
53. Использование алгоритма пропорциональной обратной связи для управления хаотическими колебаниями в процессах кристаллизации малорастворимых веществ.
54. Использование алгоритма пропорциональной обратной связи для управления хаотическими колебаниями в реакции Белоусова–Жаботинского.

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 «Бифуркационный анализ химических систем» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к различным разделам.

Пример билета для зачёта с оценкой:

"Утверждаю" Зав. каф. КХТП Глебов М.Б.	Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

«__» ____ 20__ г.

БИФУРКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

БИЛЕТ № 1

1. Бифуркационные диаграммы химических систем. Привести примеры.
2. Управление хаосом с обратной связью. Стабилизация цикла периода 2 в логистическом отображении.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Куркина Е.С. Курсовые задачи по синергетике. Методы поиска пространственно-временных структур : учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. 98 с.
2. Кольцова Э.М., Гордеев Л.С., Третьяков Ю.Д., Вертегел А.А. Термодинамика необратимых процессов и нелинейная динамика : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2020. 430 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://urait.ru/book/termodinamika-neobratimyh-processov-i-nelineynaya-dinamika-455051> (дата обращения: 5.04.2024).

Б) Дополнительная литература:

1. Кольцова Э.М., Гордеев Л.С. Синергетика в химии и химической технологии : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2020. 295 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://urait.ru/book/sinergetika-v-himii-i-himicheskoy-tehnologii-454395> (дата обращения: 5.04.2024).
2. Куркина Е.С. Автоколебания, структуры и волны в химических системах. Методы математического моделирования. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 219 с.
3. Пригожин И. От существующего к возникающему: время и сложность в физических науках : пер. с англ. – М.: Наука. Физматлит, 1985. 327 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering». ISSN: 0218-1274.
- Журнал «Nonlinear Dynamics and Systems Theory». ISSN: 1562-8353.
- Журнал «International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation». ISSN: 1565-1339.
- Журнал «Regular and Chaotic Dynamics». ISSN: 1560-3547.
- Журнал «Chaos (Woodbury, N.Y.)». ISSN: 1054-1500.

- Журнал «Journal of Computational and Nonlinear Dynamics». ISSN: 1555-1423.
- Журнал «Nonlinear Oscillations». ISSN: 1536-0059.
- Журнал «Nonlinearity». ISSN: 0951-7715.
- Журнал «Нелинейная динамика». ISSN: 1816-448X.
- Журнал «Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика». ISSN: 0869-6632.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- демонстрационные программы, создающие визуализацию бифуркаций Андронова–Хопфа, удвоения периода, странного аттрактора Лоренца;
- банк вариантов контрольных работ – 20;
- банк вариантов заданий для лабораторных работ – 20;
- банк билетов для зачёта с оценкой – 30.

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 составляет на 01.01.2024 года 1 559 436 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 проводятся в форме лекций, практических и лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 15 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 выполнения лабораторных работ.

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 программы, создающие визуализацию бифуркаций Андронова–Хопфа, удвоения периода, странного аттрактора Лоренца.

Примеры выполнения лабораторных работ.

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; 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	Micosoft 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. Бифуркации в химических системах	Знает: теоретические основы бифуркационного анализа. Умеет: прогнозировать и анализировать возможные качественные изменения в системах; выявлять различные режимы функционирования химических систем и прогнозировать их поведение на основе анализа математических моделей. Владеет: методологией проведения бифуркационного анализа; практическими навыками использования современных вычислительных технологий для прогнозирования эволюции химических систем; навыками визуализации результатов прогнозирования.	Оценка за лабораторные работы № 1, 2 и защиту отчётов по ним. Оценка на зачёте.
Раздел 2. Параметрический анализ химических	Знает: теоретические основы бифуркационного анализа: технологию проведения однопараметрического и	Оценка за контрольную работу № 1.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
систем	двухпараметрического анализа реакционных систем. Умеет: прогнозировать и анализировать возможные качественные изменения в системах; проводить однопараметрический и двухпараметрический анализ химических систем; выявлять различные режимы функционирования химических систем и прогнозировать их поведение на основе анализа математических моделей. Владеет: методологией проведения бифуркационного анализа; навыками выявления возможных сценариев эволюции химических систем по их параметрическим портретам; практическими навыками использования современных вычислительных технологий для прогнозирования эволюции химических систем; навыками визуализации результатов прогнозирования.	Оценка за лабораторные работы № 3–5 и защиту отчётов по ним. Оценка на зачёте.
Раздел 3. Детерминированный хаос в химических системах	Знает: типы хаотического поведения в химических системах; способы управления хаосом. Умеет: прогнозировать и анализировать возможные качественные изменения в системах; выявлять различные режимы функционирования химических систем и прогнозировать их поведение на основе анализа математических моделей; стабилизировать хаотический режим с помощью алгоритма пропорциональной обратной связи. Владеет: методологией управления хаосом с обратной связью; практическими навыками использования современных вычислительных технологий для прогнозирования эволюции химических систем; навыками визуализации результатов прогнозирования.	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за лабораторную работу № 6 и защиту отчёта по ней. Оценка на зачёте.

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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– 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

«Бифуркационный анализ химических систем»

основной образовательной программы

28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа

«Материалы и технологии наноинженерии»

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»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оптические явления в наноструктурах»

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена старшим преподавателем кафедры кибернетики химико-технологических процессов В. Л. Лукьяновым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «4» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии» 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 «Оптические явления в наноструктурах» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана и является дисциплиной по выбору студента. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физики, математики, химии и численных методов решения уравнений.

Цель дисциплины – изучение оптических явлений в наноматериалах и наноструктурах.

Задачи дисциплины – изучение закономерностей взаимодействия оптического излучения с наноматериалами и наноструктурами, аномалий оптических свойств наноматериалов и наноструктур, областей практического применения наноматериалов и наноструктур.

Дисциплина «*Оптические явления в наноструктурах*» 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 **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				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	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 С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов нанотехнологии	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	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 С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 No 593н. Обобщенная трудовая функция D: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)

– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий нанотехнологий	Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.02.2014 № 72н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования. (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования. (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- законы взаимодействия оптического излучения с нанообъектами;
- основные аномалии оптических свойств наноструктур;
- способы получения наноструктур с заданными оптическими свойствами, их области применения и перспективы.

Уметь:

- рассчитывать и определять экспериментально оптические параметры нанообъектов и наноструктурированных материалов.

Владеть:

- методами математического моделирования процесса взаимодействия оптического излучения с наноструктурами;
- современными инструментальными методами исследования перспективных наноматериалов.

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:	0,94	34	25,5
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
Самостоятельная работа	2,06	74	55,5
Контактная самостоятельная работа	2,06	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		73,6	55,2
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Введение. Метаматериалы	26	4	4	18
1.1	Геометрическая оптика	8	1	1	6
1.2	Физическая оптика	8	1	1	6
1.3	Метаматериалы	10	2	2	6
2.	Раздел 2. Фотонные кристаллы. Плазмоника	26	4	4	18
2.1	Фотонные кристаллы	8	1	1	6
2.2	Численное решение уравнений Максвелла	8	1	1	6
2.3	Плазмоника	10	2	2	6
3.	Раздел 3. Интерференционные и дифракционные явления	26	4	4	18
3.1	Оптические явления в тонких пленках	8	1	1	6
3.2	Дифракция	8	1	1	6
3.3	Рассеяние света	10	2	2	6
4.	Раздел 4. Элементы квантовой оптики наноструктур	30	5	5	20
4.1	Оптические ловушки	8	1	1	6
4.2	Квантовый размерный эффект	11	2	2	7
4.3	Оптические свойства полупроводниковых наноструктур	11	2	2	7
	ИТОГО	108	17	17	74

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение. Метаматериалы.

1.1. Геометрическая оптика.

Основные законы геометрической оптики. Оптическая длина пути. Принцип Ферма. Показатель преломления.

1.2. Физическая оптика.

Электромагнитные колебания и волны. Волновой вектор. Вектор Умова-Пойнтинга. Уравнения Максвелла. Диэлектрическая и магнитная проницаемости, их связь с показателем преломления. Понятие о дисперсии света.

1.3. Метаматериалы.

Понятие метаматериала. Гипотеза Веселаго. Отрицательный показатель преломления. Способы создания метаматериалов. Разновидности метаматериалов. Области применения, перспективы.

Раздел 2. Фотонные кристаллы. Плазмоника.

2.1. Фотонные кристаллы.

Понятия фотонного кристалла, фотонной запрещенной зоны. Аналогия с зонной теорией твердых тел. Природные и искусственные фотонные кристаллы. Одно-, двух- и трехмерные фотонные кристаллы. Области применения, перспективы. Способы получения.

2.2. Численное решение уравнений Максвелла.

Метод конечных разностей во временной области (FDTD). Исходные данные, начальные и граничные условия. Временная и координатная сетка. Условие сходимости.

Использование метода FDTD для моделирования фотонных кристаллов.

2.3. Плазмоника.

Понятие квазичастицы. Поляритоны, плазмоны. Поверхностная электромагнитная волна (ПЭВ). Явления поверхностного и локализованного плазмонного резонанса. Способы возбуждения поверхностной плазмон-поляритонной волны. Затухание ПЭВ. Области применения, перспективы. Оптическая поверхностно-плазмонная микроскопия.

Раздел 3. Интерференционные и дифракционные явления.

3.1. Оптические явления в тонких пленках.

Интерференция. Принцип сложения колебаний и волн. Понятие когерентности. Интерференционная картина. Интерференция при отражении от тонких пленок. Просветление оптики.

3.2. Дифракция.

Понятие дифракции. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракционная картина. Дифракция Френеля, дифракция Фраунгофера. Дифракция на различных препятствиях. Дифракционные решетки. Разрешающая способность оптических приборов. Критерий Рэлея.

3.3. Рассеяние света.

Вида рассеяния. Рассеяние Рэлея. Формула Рэлея. Эффект Тиндаля. Применение рассеяния в измерительной технике: ультрамикроскопия, нефелометрия. Рассеяние Ми.

Раздел 4. Элементы квантовой оптики наноструктур.

4.1. Оптические ловушки.

Давление света. Оптические ловушки: описание методами физической и квантовой оптики. Применение оптических ловушек.

4.2. Квантовый размерный эффект.

Квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки. Метод эффективной массы.

4.3. Оптические свойства полупроводниковых наноструктур.

Понятие об экситонах. Способы формирования полупроводниковых наноструктур. Применение в оптоэлектронике.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:					
1	–	законы взаимодействия оптического излучения с нанообъектами	+	+	+	+
2	–	основные аномалии оптических свойств наноструктур	+	+	+	+
3	–	способы получения наноструктур с заданными оптическими свойствами, их области применения и перспективы	+	+	+	+
	Уметь:					
4	–	рассчитывать и определять экспериментально оптические параметры нанообъектов и наноструктурированных материалов	+	+	+	+
	Владеть: (перечень из п.2)					
5	–	методами математического моделирования процесса взаимодействия оптического излучения с наноструктурами	+	+	+	+
6	–	современными инструментальными методами исследования перспективных наноматериалов	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции и индикаторы их достижения:						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
7	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов	+	+	+	+
		ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	+	+	+	+
		ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	+	+	+	+

8	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	+	+	+	+
9	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров	+	+	+	+
		ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	+	+	+	+
10	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопроductии, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий nanoиндустрии	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1, 1.2	Основные законы геометрической оптики. Уравнения Максвелла	2
2	1.3	Метаматериалы	2
3	2.1, 2.2	Фотонные кристаллы. Метод численного решения уравнений Максвелла	2
4	2.3	Плазмонный резонанс. Плазмоника	2
5	3.1	Интерференция. Оптические явления в тонких пленках. Просветление оптики	2
6	3.2, 3.3	Дифракция на различных объектах. Рассеяние света малыми частицами	2
7	4.1	Оптические ловушки. Давление света	2
8	4.2, 4.3	Квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки. Полупроводниковые наноструктуры	2
9	1.1 – 4.3	Подведение итогов	1

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, 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 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

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 40 баллов), реферативно-аналитической работы (максимальная оценка 20 баллов) и оценки на зачете.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Задание на реферативно-аналитическую работу представляет собой тему, в соответствии с которой обучающийся должен выполнить обзор литературных источников и представить его в форме письменной работы. Максимальная оценка – 20 баллов.

Примеры тем реферативно-аналитической работы

1. Оптические свойства наночастиц оксида магния.
2. Использование явления локализованного плазмонного резонанса для создания наноклапанов.
3. Оптические методы исследования наноструктурированного аэросила.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 4 контрольных работы.

Пример вопроса к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 2 балла за вопрос.

5. Оптически прозрачный материал содержит в своей структуре непрозрачные сферические включения, расположенные пространственно регулярно. При каком(их) диаметре(ах) включений материал может считаться оптически однородным для излучения с частотой 3 ТГц:

- ☐ 1 см;
- ☐ 1 мм;
- ☐ 1 мкм;
- ☐ 1 нм

Пример вопроса к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 2 балла за вопрос.

2. Решение уравнений Максвелла методом конечных разностей во временной области позволяет определить:

- ☐ распределение напряженности электрического поля в пространстве;
- ☐ распределение напряженности магнитного поля в пространстве;
- ☐ изменение напряженности электрического поля во времени;
- ☐ изменение напряженности магнитного поля во времени

Пример вопроса к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 2 балла за вопрос.

1. Упругое рассеяние частиц, размер которой сравним с длиной волны падающего света, называется:

- ☐ комбинационным рассеянием;
- ☐ рассеянием Ми;
- ☐ рассеянием Рэлея;
- ☐ рассеянием Мандельштама – Бриллюэна

Пример вопроса к контрольной работе № 4. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 2 балла за вопрос.

4. Экситон – это:

- ☐ квант упругих колебаний;
- ☐ квант колебаний плотности свободных электронов металла;
- ☐ электронное возбуждение, не связанное с переносом электрического заряда и массы;
- ☐ квант электромагнитных колебаний

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

Форма проведения итогового контроля освоения дисциплины – устный опрос (в рамках зачёта с оценкой). Максимальное количество баллов за устный опрос – 40 баллов. На устном опросе студенту предлагается ответить на два теоретических вопроса из разных разделов дисциплины. Максимальная оценка за каждый теоретический вопрос – 20 баллов.

1. Основные законы геометрической оптики. Принцип Ферма.
2. Электромагнитные колебания и волны. Волновой вектор. Вектор Умова-Пойнтинга.
3. Уравнения Максвелла.
4. Диэлектрическая и магнитная проницаемости, их связь с показателем преломления.
5. Метаматериалы с отрицательным показателем преломления.
6. Способы создания, разновидности, области применения метаматериалов.
7. Фотонные кристаллы, их виды. Фотонная запрещенная зона.
8. Области применения и способы получения фотонных кристаллов.
9. Метод конечных разностей во временной области.
10. Применение метода FDTD для моделирования фотонных кристаллов.
11. Поверхностная плазмон-поляритонная волна. Конфигурация Отто, конфигурация Кречмана.
12. Оптическая поверхностно-плазмонная микроскопия.
13. Явление интерференции.
14. Интерференция при отражении от тонких пленок. Просветление оптики.
15. Явление дифракции.
16. Дифракционные решетки. Разрешающая способность, критерий Рэлея.
17. Рассеяние света. Вида рассеяния. Рассеяние Рэлея, эффект Тиндаля. Ультрамикроскопия, нефелометрия.
18. Рассеяние Ми.
19. Оптические ловушки. Описание методами физической оптики.
20. Оптические ловушки. Описание методами квантовой оптики.
21. Квантовый размерный эффект. Квантовые ямы.
22. Квантовый размерный эффект. Квантовые нити.
23. Квантовый размерный эффект. Квантовые точки.
24. Экситоны.

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 «Оптические явления в наноструктурах» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к различным разделам.

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
28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа –
«Материалы и технологии наноинженерии»

ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В НАНОСТРУКТУРАХ

БИЛЕТ № 1

1. Уравнения Максвелла.
2. Рассеяние света. Вида рассеяния. Рассеяние Рэлея, эффект Тиндаля. Ультрамикроскопия, нефелометрия.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Курс общей физики: в 4 т./ И.В. Савельев; под общ. ред. В.И. Савельева. М.: «КноРус». 2009.

Б. Дополнительная литература

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов. Изд. 17-е, стер, М.: Издательский центр «Академия», 2008. 560 с.
2. Новотный Лукас, Хехт Берт. Основы нанооптики./ Под ред. В. В. Самарцева. М. ФИЗМАТЛИТ, 2009. 484 с.
3. Воробьев Л.Е., Ивченко Е.Л., Фирсов Д.А., Шалыгин В.А. Оптические свойства наноструктур: учеб. пособие/Под ред. Е.Л.Ивченко и Л.Е.Воробьева. Спб. Наука, 2001. 188 с.
4. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. / А. И. Гусев. М. : «Физматлит», 2009. 414 с.
5. Борен К., Хафмен Д. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. М.: Мир, 1986. 664 с.
6. Веселаго В.Г. Электродинамика материалов с отрицательными коэффициентами преломления (сессия 26.03.03), 2003, Т.173, № 7, С. 790.
7. Pendry J.B., Smith D.R.//Physics Today. 2004, V.57, № 6, P.37-43.
8. Дегтяренко Н.Н., Каргин Н.И. Введение в физику и моделирование фотонных кристаллов: учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2012. 148 с.
9. Майер С.А. Плазмоника: теория и приложения. М. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011. 296 с.
10. Розенберг, Г.В. Оптика тонкослойных покрытий / Г.В. Розенберг. М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1958. 570 с.
11. Кашкаров П.К., Тимошенко В.Ю. Оптика твердого тела и систем пониженной размерности /П.К.Кашкаров, В.Ю.Тимошенко /М.: Физический факультет МГУ, 2009. 190 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Нано- и микросистемная техника». ISSN 1813-8586.
- Журнал «Наносистемы: физика, химия, математика». ISSN: 2220-8054.
- Журнал «Journal of nanomaterials». ISSN: 1687-4110.
- Журнал «Journal of computational and theoretical nanoscience». ISSN: 1546-1955.
- Журнал «Physics Today». ISSN: 0031-9228.
- Журнал «Journal of Nonlinear Optical Physics & Materials». ISSN: 0218-8635.
- Журнал «Optical Materials». ISSN: 0925-3467.
- Журнал «Optical Materials Express». ISSN: 2159-3930.
- Журнал «Optics & Laser Technology». ISSN: 0030-3992.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.nanometer.ru>
- <http://laser-portal.ru>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8, (общее число слайдов – 150);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 48);
- банк билетов для зачёта с оценкой (общее число билетов – 30).

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), к вебинарам (Zoom, Discord, MStears), групповой электронной почте, онлайн-конференции в Zoom, 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 01.01.2024 составляет 1 559 436 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 «*Оптические явления в наноструктурах*» проводятся в форме лекций и практических занятий, а также самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 15 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 выполнения практических работ.

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 практических занятий. Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для магистров, 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.

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

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5. При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки. Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети 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; электронные конспекты лекций; учебно-методические разработки в электронном виде; демонстрационные программы;

специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
2	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии 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. Метаматериалы.	<i>Знает:</i> – законы взаимодействия оптического излучения с нанообъектами; – основные аномалии оптический свойств наноструктур; – способы получения наноструктур с заданными оптическими свойствами, их области применения и перспективы. <i>Умеет:</i> – рассчитывать и определять экспериментально оптические параметры нанообъектов и наноструктурированных материалов. <i>Владеет:</i> – современными инструментальными методами исследования перспективных наноматериалов.	Оценка за контрольную работу № 1 Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка на зачете
Раздел 2. Фотонные кристаллы. Плазмоника.	<i>Знает:</i> – законы взаимодействия оптического излучения с нанообъектами; – основные аномалии оптический свойств наноструктур; – способы получения наноструктур с заданными оптическими свойствами, их области применения и перспективы. <i>Умеет:</i> – рассчитывать и определять экспериментально оптические параметры нанообъектов и наноструктурированных материалов. <i>Владеет:</i>	Оценка за контрольную работу № 2 Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка на зачете

	– методами математического моделирования процесса взаимодействия оптического излучения с наноструктурами; – современными инструментальными методами исследования перспективных наноматериалов.	
Раздел 3. Интерференционные и дифракционные явления.	<i>Знает:</i> – законы взаимодействия оптического излучения с нанообъектами; – основные аномалии оптических свойств наноструктур; – способы получения наноструктур с заданными оптическими свойствами, их области применения и перспективы. <i>Умеет:</i> – рассчитывать и определять экспериментально оптические параметры нанообъектов и наноструктурированных материалов. <i>Владеет:</i> – современными инструментальными методами исследования перспективных наноматериалов.	Оценка за контрольную работу №№ 3 Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка на зачете
Раздел 4. Элементы квантовой оптики наноструктур.	<i>Знает:</i> – законы взаимодействия оптического излучения с нанообъектами; – основные аномалии оптических свойств наноструктур; – способы получения наноструктур с заданными оптическими свойствами, их области применения и перспективы. <i>Умеет:</i> – рассчитывать и определять экспериментально оптические параметры нанообъектов и наноструктурированных материалов. <i>Владеет:</i> – современными инструментальными методами исследования перспективных наноматериалов.	Оценка за контрольную работу №№ 4 Оценка за реферативно-аналитическую работу Оценка на зачете

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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– 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
«Оптические явления в наноструктурах»**

**основной образовательной программы
28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа
«Материалы и технологии наноинженерии»
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»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Полимерные наноструктуры и их применения»

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена методистом кафедры кибернетики химико-технологических процессов К.А. Модестовым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Нанотехнологии**, магистерская программа **«Материалы и технологии нанотехнологии»** (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 **«Полимерные наноструктуры и их применения»** 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 органической и физической химии, математики, вычислительной математики, математического и компьютерного моделирования.

Цель дисциплины – изучение основных закономерностей в полимерных наноструктурах и методов их практического применения.

Задачи дисциплины:

- изучение различных структур макромолекул полимеров и их моделей;
- изучение закономерностей образования полимерных наноструктур и различных способов их образования;
- ознакомление с современными задачами компьютерного моделирования полимерных наноструктур на основе метода молекулярной динамики и метода Монте-Карло;
- ознакомление с основными областями практического применения полимерных наноструктур и наноматериалов.

Дисциплина **«Полимерные наноструктуры и их применения»** 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 **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				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

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
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов нанотехнологий	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

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
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров. ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием. ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 593н. Обобщенная трудовая функция D: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)

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
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий нанотехнологий.	Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.02.2014 № 72н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н. Обобщенная

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
				трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- различные методы образования полимерных наноструктур;
- основные области практического применения полимерных наноструктур и наноматериалов;
- методы компьютерного моделирования полимерных наносистем.

Уметь:

- формулировать модельные представления полимерных наноструктур;
- проводить компьютерное моделирование полимерных наносистем;
- интерпретировать результаты компьютерного моделирования полимерных наносистем.

Владеть:

- основными принципами формирования полимерных наноструктур;
- практическими навыками применения современных методов компьютерного моделирования полимерных наносистем.

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:	0,94	34	25,5
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
Самостоятельная работа	1,06	38	28,5
Контактная самостоятельная работа	1,06	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		37,8	28,35
Вид итогового контроля:	Зачёт		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	ПЗ	СР
1.	Раздел 1. Общие свойства наноструктурных элементов в полимерных системах	29	0	9	8
1.1	Полимерные наноструктуры и нанокомпозиты. Формирование полимерных наноструктур	15	–	5	4
1.2	Классификация полимерных наноматериалов, их основные свойства и области применения	14	–	4	4
2.	Раздел 2. Полимерные нанокомпозиты и способы их получения	36	0	12	12
2.1	Механические и физические методы получения НРЧ в полимерных структурах	18	–	6	6
2.2	Химические методы получения полимерных наноструктур	18	–	6	6
3.	Раздел 3. Математическое моделирование процесса формирования наноструктуры полимерных материалов	43	0	13	18

3.1	Методы математического описания процессов формирования полимерных наноструктур	18	–	6	9
3.2	Компьютерное моделирование полимерных наносистем методами молекулярной динамики и Монте-Карло	25	–	7	8
	ИТОГО	108	0	34	38

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Общие свойства наноструктурных элементов в полимерных системах.

1.1. Полимерные наноструктуры и нанокомпозиты. Формирование полимерных наноструктур.

Наноматериалы на основе полимеров и их основные типы. Понятия полимерной наноструктуры, полимерного нанокомпозита. Молекулы полимеров как стабилизаторы ультрадисперсных состояний наноструктурированных систем. Параметры оценки стабилизирующей способности полимеров. Механические, физические и химические эффекты в процессах формирования полимерных наноструктур. Самоорганизация полимерных наноструктур.

1.2. Классификация полимерных наноматериалов, их основные свойства и области применения.

Классификация полимерных наноматериалов. Особенности наноструктурных полимерных композитов. Характеристики и свойства полимерных наноматериалов. Основные области их применения.

Раздел 2. Полимерные нанокомпозиты и способы их получения.

2.1. Механические и физические методы получения НРЧ в полимерных структурах. Общая характеристика методов. Механическое диспергирование НРЧ в полимерах. Микрокапсулирование НРЧ полимерами. Методы напыления атомов металлов на полимеры. Образование золь металлов в полимерных структурах в результате термического разложения прекурсоров. Восстановительные методы синтеза полимерсвязанных наноразмерных частиц.

2.2. Химические методы получения полимерных наноструктур.

Электрохимические методы формирования НРЧ в полимерных структурах. Получение нанокомпозитных материалов на стадии процессов полимеризации или поликонденсации. Би- и полиметаллические НРЧ в полимерах.

Раздел 3. Математическое моделирование процесса формирования наноструктуры полимерных материалов.

3.1. Методы математического описания процессов формирования полимерных наноструктур.

Основные подходы к математическому описанию и компьютерному моделированию процессов формирования полимерных наноструктур. Для известных законов движения частиц полимерной системы используется подход определения средних параметров системы, называемый усреднением по времени. Другой подход, предложенный Больцманом и развитый Гиббсом, называемый усреднением по ансамблю, состоит в том, что наблюдаемое свойство полимерной системы рассматривается не как среднее по времени, а как среднее по множеству различных состояний ансамбля системы, возникающих с определённой вероятностью, связанной со статистическим весом системы с учётом потенциальной энергии её конфигурации.

3.2. Компьютерное моделирование полимерных наносистем методами молекулярной динамики и Монте-Карло.

Метод молекулярной динамики (МД) и его модификации. Принципы реализации метода молекулярной динамики при решении задачи численного эксперимента динамического типа. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло), в основе которого лежит альтернативный (вероятностный) принцип определения средних значений параметров

состояния системы. Вычислительная схема метода Монте-Карло. Примеры компьютерного моделирования наноструктур полимеров с использованием методов молекулярной динамики и Монте-Карло.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Требования к освоению дисциплины компетенции		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:				
1	– различные методы образования полимерных наноструктур			+	
2	– основные области практического применения полимерных наноструктур и наноматериалов		+		
3	– методы компьютерного моделирования полимерных наносистем			+	
	Уметь:				
4	– формулировать модельные представления полимерных наноструктур		+	+	
5	– проводить компьютерное моделирование полимерных наносистем				
6	– интерпретировать результаты компьютерного моделирования полимерных наносистем				+
	Владеть:				
7	– основными принципами формирования полимерных наноструктур			+	
8	– практическими навыками применения современных методов компьютерного моделирования полимерных наносистем				+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>					
9	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов	+	+	+
10		ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	+	+	+
11		ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	+	+	+
10	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов nanoиндустрии	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов		+	
11	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения			+

	методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	параметров. ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием. ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.			
12					+
13					+
14	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий nanoиндустрии.			+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1	Примеры полимерных наноструктур и нанокомпозитов. Принципы формирования полимерных наноструктур.	4
2	1.2	Классификация полимерных наноматериалов. Характеристика основных свойств наноструктурированных полимеров. Области практического использования полимерных наноматериалов и нанокомпозитов.	4
3	2.1	Сравнительный анализ механических и физических методов получения наноразмерных частиц в полимерных структурах.	6
4	2.2	Примеры химических методов получения полимерных наноструктур.	6
5	3.1	Анализ методов математического описания процессов формирования полимерных наноструктур	6
6	3.2	Компьютерное моделирование полимерных наносистем методами молекулярной динамики и Монте-Карло	8
		ИТОГО	34

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятий по дисциплине материала;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- выполнение контрольных работ согласно индивидуальному заданию;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами;
- подготовку к сдаче зачёта 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)

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение реферативно-аналитической работы (максимальная оценка 30 баллов), двух контрольных работ (максимальная оценка 20 баллов), посещения лекций (максимальная оценка 10 баллов) и устного опроса (максимальная оценка 40 баллов).

Текущий контроль освоения дисциплины осуществляется путём учёта личного участия обучающегося на практических занятиях по проработке материалов лекций, которое при 100% -ном посещении этих занятий оценивается 10 баллами.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Задание на реферативно-аналитическую работу представляет собой конкретную тему, в соответствии с которой обучающийся должен выполнить обзор литературных источников и представить его в форме письменной работы. Максимальная оценка – 30 баллов.

Примеры тем реферативно-аналитической работы:

1. Экспериментальные и теоретические методы изучения конфигурации и конформации макромолекул полимеров.
2. Восстановительные методы синтеза полимер-связанных наноразмерных частиц.
3. Получение полимерных наноструктур методом разложения карбониллов металлов в полимерных матрицах.
4. Метод Монте-Карло, решётчатые и континуальные формы его модификации.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

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

Пример варианта контрольной работы:

Вариант 4: Рассматривается кинетика конденсации паров металла М на охлаждённую до низкой температуры тонкую полимерную плёнку, которая характеризуется последовательностью необратимых бимолекулярных реакций описывается серией линейных дифференциальных уравнений с заданными, равными между собой константами скоростей реакций k , а скорость кластообразования представляется как непрерывное отложение атомов металла на плёнке полимера во времени со скоростью w . Определить нуклеарность n -го кластера металла.

8.3. Вопросы для устного опроса

Максимальное количество баллов за устный опрос – 40 баллов. На устном опросе студенту предлагается ответить на два теоретических вопроса из разных разделов дисциплины. Максимальная оценка за каждый теоретический вопрос – 20 баллов.

Примеры контрольных вопросов для устного опроса:

1. Конфигурация и конформация макромолекул полимеров. Какими методами они изучаются и какими величинами характеризуются?
2. Жесткоцепные макромолекулы полимеров. Их характерные свойства и отличия от гибких цепей. Модели жёстких и полужёстких цепей. Понятие персистентной длины и способ её оценки.

3. Решёточные модели макромолекул полимеров. Теория Флори-Хаггинса. Какие свойства полимерных систем она описывает? Три приближения этой теории.
4. Формирование фрактальных структур в полимерах. Фрактальные кластеры и нити. Самоорганизация фрактальных полимерных структур.
5. Основные методы получения металлосодержащих наноразмерных частиц.
6. Макромолекулы полимеров как стабилизаторы ультрадисперсного состояния наноразмерных частиц.
7. Метод механохимического диспергирования наноразмерных частиц в полимерах.
8. Методы напыления атомов металлов на полимерные структуры.
9. Образование золь металлов в полимерных структурах термическим разложением прекурсоров.
10. Восстановительные методы синтеза полимер-связанных наноразмерных частиц в растворах полимеров в блок-сополимерах.
11. Формирование полимерных наноструктур наноразмерными частицами металлов в гетерогенных полимерных системах.
12. Электрохимические методы формирования наноразмерных частиц металлов в поли полимерных структурах.
13. Би- и полиметаллические наноразмерные частицы в полимерах.
14. Получение нанокомпозиционных материалов на стадии блочной полимеризации или поликонденсации.
15. Метод молекулярной динамики. Методы расчёта структурных и динамических характеристик молекулярных систем по данным имитационного моделирования.
16. Метод Монте-Карло и его статистическое обоснование. Решёточные и континуальные методы Монте-Карло. Периодические граничные условия. Функциональный вид и физическая природа потенциалов молекулярного взаимодействия.
17. Применение метода Монте-Карло для компьютерного моделирования динамики конформационных превращений. Суть метода Метрополиса.
18. Пространственные и временные масштабы, характерные единицы массы, энергии, времени и число частиц в «молекулярном мире» при моделировании молекулярных систем. Периодические граничные условия.
19. Принципы численного интегрирования уравнений движения. Простейший и скоростной алгоритмы Верле.

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

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

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Башоров М.Т., Козлов Г.В., Микитаев А.К. Наноструктуры и свойства аморфных стеклообразных полимеров. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. 269 с.

Б. Дополнительная литература

1. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М. : Химия, 2000. 672 с.

2. Наноматериалы: свойства и перспективные приложения / ред. А. Б. Ярославцев. – М.: Научный мир, 2014. – 455 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

– Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

Научно-технические журналы:

– Журнал «Journal of Nanostructured Polymers and Nanocomposites». ISSN: 1790-4439.

– Журнал «Механика композитных материалов». ISSN: 0203-1272.: .

– Журнал «Наногетерогенный катализ». ISSN: 2414-2158.

– Журнал «Наносистемы: физика, химия, математика». ISSN: 2220-8054.

– Журнал «Нанотехнологии. Экология. Производство». ISSN: 2220-248X.

– Журнал «Российские нанотехнологии». ISSN: 1992-7223.

– Журнал «Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктуры наноматериалов». ISSN: 2226-4442.

– Журнал «Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology». ISSN: 2043-6262.

– Журнал «BioNanoScience». ISSN: 2191-1630.

– Журнал «Carbon Nanostructures». ISSN: 2191-3005.

– Журнал «Computational nanotechnology». ISSN: 2313-223X.

– Журнал «IET Nanobiotechnology». ISSN: 1751-8741.

– Журнал «Journal of Nano Research». ISSN: 1662-5250.

– Журнал «Journal of Nanomaterials». ISSN: 1687-4110.

– Журнал «Journal of Nanostructures». ISSN: 2251-7871.

– Журнал «Nanomaterials». ISSN: 2079-4991.

– Журнал «Nanotechnologies in Russia». ISSN: 1995-0780.

– Журнал «Computational and Theoretical Polymer Science». ISSN: 1089-3156.

– Журнал «European Polymer Journal». ISSN: 0014-3057.

– Журнал «International Journal of Polymeric Materials». ISSN: 0091-4037.

– Журнал «Polymer Journal». ISSN: 0032-3896.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

– раздаточный материал по тематике лекций;

– демонстрационный программный модуль, прогнозирующий процесс формирования наноструктуры полимера методом Монте-Карло;

– банк вариантов расчётных контрольных работ;

– банк билетов для зачёта.

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 составляет на 01.01.2023 года 1 727 628 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 *«Полимерные наноструктуры и их применения»* проводятся в форме практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий вместимостью не менее 15 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 выполнения лабораторных работ.

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 практических занятий.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для магистров, 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>.

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

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5. При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки. Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети 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; электронные конспекты лекций; учебно-методические разработки в электронном виде; демонстрационные программы; специализированное программное обеспечение; справочные материалы в электронном виде.

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	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. Общие сведения о наноструктурированных полимерных материалах	Знает: методы измерения и определения полимерной наноструктуры и свойств наноструктурированных полимеров. Умеет: проводить исследования структур и свойств наноструктурированных полимерных материалов. Владеет: навыками сбора, анализа и систематизации информации по рассматриваемой тематике.	Оценки за реферативно-аналитическую работу и за контрольную работу № 1. Оценка на зачёте (3 семестр).

Раздел 2. Методы получения структура нано- Размерных частиц (НРЧ) в полимерах	Знает: основные методы получения наноструктурированных полимерных материалов; оборудование, используемое для получения наноструктурированных полимерных материалов. Умеет: проводить исследования структур и свойств наноструктурированных полимерных материалов. Владеет: методиками получения отдельных наноструктурированных полимерных материалов: блок-сополимеров, нанопористых полимеров, многослойных плёнок; навыками сбора, анализа и систематизации информации по рассматриваемой тематике.	Оценки за реферативно- аналитическую работу и за контрольную работу № 1. Оценка на зачёте (3 семестр).
Раздел 3. Моделирование процессов получения полимерных наноструктур	Умеет: предсказать отдельные свойства наноструктурированных полимерных материалов, зная отдельные характеристики их структуры. Владеет: навыками сбора, анализа и систематизации информации по рассматриваемой тематике.	Оценки за контрольную работу № 2. Оценка на зачёте (3 семестр).

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 высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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
«Полимерные наноструктуры и их применения»**

основной образовательной программы

28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа
«Материалы и технологии наноинженерии»
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»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Инженерное творчество в наноинженерии»**

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов, д.т.н. Дороховым И.Н.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Наноинженерия**, магистерская программа **«Материалы и технологии наноинженерии»** (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 одном семестре.

Дисциплина **«Инженерное творчество в наноинженерии»** 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, вычислительной математики, макрокинетики химических процессов, процессов и аппаратов химической технологии, общей и неорганической химии, органической химии.

Цель дисциплины – целенаправленно подготовить магистранта к творческой деятельности, к генерированию новых нестандартных идей; сформировать у магистранта системное творческое инженерное мышление; развить способность генерировать новые высокоэффективные нестандартные технические решения и их успешно воплощать в виде изобретений и патентов при создании новых технологий, материалов, процессов и аппаратов, включая материалы и процессы наноинженерии.

Задачи дисциплины:

- сформировать у магистранта системное творческое инженерное мышление
- развить способность генерировать новые высокоэффективные нестандартные технические идеи и их успешно воплощать в виде изобретений и патентов при создании новых технологий, материалов, процессов и аппаратов.
- целенаправленно подготовить к творческой деятельности, к генерированию новых нестандартных идей.

Дисциплина **«Инженерное творчество в наноинженерии»** преподаётся 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:**

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 критический анализ проблемных ситуаций на основе системного	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или

	подхода, вырабатывать стратегию действий	задачи, подлежащие дальнейшей разработке УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач

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				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологии и решать их.	ПК-1.1 Знает современные методы, используемые при проведении научных исследований в нанотехнологии и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы. ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности. ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

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
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

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
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов нанотехнологий	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- теорию принятия решений и исчисление решения изобретательских задач;
- основные положения технического творчества;
- эвристические методы творчества и изобретательской деятельности;
- теорию решения изобретательских задач;
- компьютерные методы поискового конструирования;
- морфологический метод анализа и синтеза технических объектов и систем.

Уметь:

- генерировать новые высокоэффективные нестандартные технические идеи и решения и успешно их воплощать в виде изобретений и патентов при создании новых технологий, материалов, процессов и аппаратов, включая материалы и процессы нанотехнологий.

Владеть:

- методами качественного и количественного анализа химико-технологических и нанотехнологических процессов;
- методами выявления проблем и противоречий в ситуациях создания новых процессов и аппаратов нанотехнологий;
- методами оптимального синтеза структуры исследуемого объекта;
- методами изобретательской и инновационной деятельности.

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:	1,41	51	38,25
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
Самостоятельная работа	2,59	93	69,75
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,45
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Всего	Лекции	Практич. занятия	Самост. работа
1	Раздел 1. Основные понятия изобретательства.	16	2	4	10
1.1	Законы развития технических систем. Изобретение и его признаки.	16	2	4	10
2	Раздел 2. Поиск технических решений.	16	2	4	10
2.1	Эвристические приемы решения изобретательских задач. Методы активизации творческого мышления.	16	2	4	10
3	Раздел 3. Основные понятия инженерного творчества.	20	3	4	13

3.1	Синтез физических принципов действия. Фонд физико-технических эффектов. Пример синтеза физического принципа действия.	20	3	4	13
4	Раздел 4. Метод Коллера. Вепольные системы. Правила преобразования веполя.	16	2	4	10
4.1	Пример решения задачи с применением веполей.	16	2	4	10
5	Раздел 5. Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ).	18	2	4	12
5.1	Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ). Пример решения изобретательской задачи с применением АРИЗ.	18	2	4	12
6	Раздел 6. Морфологический метод анализа и синтеза технических объектов и систем.	16	2	4	10
6.1	Два подхода к морфологическому синтезу: на основе четких критериев качества; на основе нечетких критериев качества. Показатели качества проектных решений. Учет субъективных факторов экспертов.	16	2	4	10
7	Раздел 7. Построение метода синтеза эвристических приемов.	18	2	4	12
7.1	Метод решения задач концептуального проектирования на основе использования системы «конфликт – частный эвристический прием». Архитектура информационно-поисковой системы.	18	2	4	12
8	Раздел 8. Изобретающая программа «Новатор».	24	2	6	16
8.1	Блок-схема изобретающей программы «Новатор». Анализ ситуации. Разработка концепции. Сравнение концепций. Поиск в базе данных. Редактирование исследовательского отчета.	24	2	6	16
	ИТОГО	144	17	34	93

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основные понятия изобретательства.

1.1. Законы развития технических систем. Изобретение и его признаки.

Законы развития технических систем. Изобретательские задачи. Изобретение и его признаки. Уровни изобретательских решений. Международная классификация изобретений.

Раздел 2. Поиск технических решений.

2.1. Эвристические приемы решения изобретательских задач. Методы активизации творческого мышления.

Общая характеристика приемов поиска технических решений. Метод проб и ошибок. Эвристические приемы решения изобретательских задач. Методы активизации творческого

мышления: мозговой штурм; метод контрольных вопросов; синектика; метод фокальных объектов; метод ассоциаций и гирлянд случайностей; метод морфологических матриц.

Раздел 3. Основные понятия инженерного творчества.

3.1. Синтез физических принципов действия. Фонд физико-технических эффектов. Пример синтеза физического принципа действия.

Синтез физических принципов действия. Технический и технологический объект. Иерархия описаний технических и технологических объектов. Техническая функция. Функциональная структура. Физический принцип действия. Фонд физико-технических эффектов. Список требований к техническому объекту. Синтез физического принципа действия по заданной физической операции. Пример синтеза физического принципа действия.

Раздел 4. Метод Коллера. Вепольные системы. Правила преобразования веполя.

4.1. Пример решения задачи с применением веполей.

Метод Коллера. Вепольные системы. Правила преобразования веполя. Пример решения задачи с применением веполей.

Раздел 5. Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ).

5.1. Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ). Пример решения изобретательской задачи с применением АРИЗ.

Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ). Пример решения изобретательской задачи с применением АРИЗ.

Раздел 6. Морфологический метод анализа и синтеза технических объектов и систем.

6.1. Два подхода к морфологическому синтезу: на основе четких критериев качества; на основе нечетких критериев качества. Показатели качества проектных решений. Учет субъективных факторов экспертов.

Понятие морфологии. Морфологический анализ и синтез. Морфологический ящик. Два подхода к разработке морфологических таблиц: конструктивно-функциональный анализ технической системы; выделение функционально-значимых отношений. Два подхода к морфологическому синтезу: на основе четких критериев качества; на основе нечетких критериев качества. Показатели качества проектных решений. Учет субъективных факторов экспертов. Методы морфологического синтеза при наличии прототипа. Методы морфологического синтеза в отсутствие прототипа. Морфологический метод древовидного синтеза. Морфологический метод лабиринтного синтеза. Морфологический метод блочно-лабиринтного синтеза. Морфологический анализ и синтез на И-ИЛИ-графах.

Раздел 7. Построение метода синтеза эвристических приемов.

7.1. Метод решения задач концептуального проектирования на основе использования системы «конфликт – частный эвристический прием». Архитектура информационно-поисковой системы.

Интерпретация и конкретизация обобщенных эвристических приемов. Процедура инверсии эвристических приемов. Верификация метода синтеза эвристических приемов и формирование объектно-ориентированных фондов эвристических приемов. Классификация объектов и процессов химической технологии. Классификация параметров и математических моделей химического процесса, химической реакции и механизма химической реакции. Верификация метода синтеза эвристических приемов на технологических решениях. Классификация параметров и математических моделей физико-технических эффектов для контактного аппарата, контактной ступени и контактного устройства аппарата. Верификация эвристических приемов на технических решениях. Информационно-поисковая система по эвристическим приемам. Метод решения

задач концептуального проектирования на основе использования системы «конфликт – частный эвристический прием». Архитектура информационно-поисковой системы.

Раздел 8. Изобретающая программа «Новатор».

8.1. Блок-схема изобретающей программы «Новатор». Анализ ситуации. Разработка концепции. Сравнение концепций. Поиск в базе данных. Редактирование исследовательского отчета.

Постановка задачи. Блок-схема изобретающей программы «Новатор». Анализ ситуации. Разработка концепции. Сравнение концепций. Поиск в базе данных. Редактирование исследовательского отчета.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ 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
	Знать:								
1	- теорию принятия решений и исчисление решения изобретательских задач;	+	+			+			
2	- основные положения технического творчества;	+		+		+			
3	- эвристические методы творчества и изобретательской деятельности;		+		+		+		
4	- теорию решения изобретательских задач;			+	+	+			
5	- компьютерные методы поискового конструирования;					+	+	+	+
6	- морфологический метод анализа и синтеза технических объектов и систем;				+	+	+		
	Уметь:								
7	- генерировать новые высокоэффективные нестандартные технические идеи решения и успешно их воплощать в виде изобретений и патентов при создании новых технологий, материалов, процессов и аппаратов.							+	+
	Владеть:								
8	-методами качественного и количественного анализа химико-технологических процессов			+		+		+	+
9	- методами выявления проблем и противоречий в ситуациях создания новых процессов и аппаратов химической технологии			+		+		+	+
10	- методами оптимального синтеза структуры исследуемого объекта			+		+		+	+
11	- методами изобретательской и инновационной деятельности			+		+		+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие универсальные компетенции и индикаторы их достижения									
12	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной	+	+	+	+	+	+	+

	ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	ситуации на основе доступных источников информации									
13		УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14		УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач	+	+	+	+	+	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения											
15	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области наноинженерии и решать их	ПК-1.1 Знает современные методы, используемые при проведении научных исследований в наноинженерии и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16		ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
17		ПК-1.3 Владеет приёмами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
18	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	+	+	+	+	+	+	+	+	+

19		ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов nanoиндустрии	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	+	+	+	+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Часы
1	2, 5	Конструктивно-функциональный анализ технических объектов. Построение конструктивно- функциональной структуры химико-технологического аппарата.	4
2	2, 5	Международная классификация изобретений.	4
3	1, 2, 5	Изучение приемов Г.С. Альтшуллера с расшифровкой приемов на конкретных примерах.	4
4	3, 7	Решение типовых изобретательских задач с применением таблицы приемов устранения технических противоречий Г.С. Альтшуллера.	4
5	2, 7	Вещественно-полевой анализ в изобретательской практике и применение стандартов для решения типовых изобретательских задач.	8
6	5, 6, 7	Решение типовых изобретательских задач с помощью указателей физико-технических эффектов.	4
7	5, 7	Функционально-физический анализ технических объектов. Физическая операция. Список операций Коллера. Построение потоковой структуры химико-технологического аппарата.	6
		ИТОГО	34

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам;
- 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;
- использование тестов промежуточного контроля знаний междисциплинарной автоматизированной системы обучения (АСО) для проверки знаний по отдельным разделам дисциплины,
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня,
- подготовку к сдаче зачёта 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 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 60 баллов) и итогового контроля в форме *зачёта с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферативно-аналитические работы не предусмотрены.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 10 контрольных работ. Максимальная оценка за контрольные работы составляет 6 баллов за каждую.

Раздел 1.

Контрольная работа №1. Законы развития технических систем.

Раздел 2.

Контрольная работа №2. Эвристические методы решения изобретательских задач. Приемы и таблица Альтшуллера.

Контрольная работа №3. Решение изобретательской задачи на преодоление технического противоречия.

Раздел 3.

Контрольная работа №4. Вепольный анализ технических систем.

Контрольная работа №5. Стандарты решения изобретательских задач.

Раздел 4.

Контрольная работа №6. Функциональный анализ технических объектов.

Контрольная работа №7. Применение физико-технических эффектов.

Раздел 5.

Контрольная работа №8. Синтез физических принципов действия.

Раздел 6.

Контрольная работа № 9. Применение химических эффектов.

Раздел 7.

Контрольная работа №10. Алгоритмические методы поиска технических решений.

Примеры контрольных работ

Контрольная работа №3. Раздел 2.

Придумайте ампулу, которая могла бы увеличивать свой внутренний объем. Дело в том, что для опытов по получению сплавов ампулу полностью (на 100%) заполняют твердыми веществами (металлами). В космосе ампулу нагревают, металлы плавятся, потом получившийся сплав затвердевает. При этом объем сплава превышает объем исходных материалов и стекло не выдерживает, лопается. Примечание. Газы в ампуле оставаться не должны.

Контрольная работа №8. Раздел 5.

1. Внимательно прочитать стр.9-13 методического материала "Список физических эффектов и явлений" (файл: фпд 3): Введение. Несколько соображений об Указателе ФТЭ. Как использовать Указатель?

2. Выбрать из нижеследующего перечня авторское свидетельство (АС) свое АС и внимательно прочитать его (см. стр.2). Определить, какая техническая функция реализована в данном АС и какой вид энергии для этого используется (в терминологии таблицы выбора ФТЭ - файл фпд 5).

3. В таблице выбора ФПД (файл: фпд 5) найти клетку пересечения выбранного столбца и строки. В клетке выбрать 1 или 2 названия ФТЭ (в клетке их может быть больше).

4. Перейти к списку физических эффектов и явлений (файл фпд 6) и по левому столбцу № п/п найти номера своих ФТЭ. В четвертом столбце помещены номера выполняемых функций данных ФТЭ, выбрать не больше двух номеров выполняемых функций. Для описания выполняемых функций обратиться к Инструкции для пользователя (файл: фпд 4).

5. В Инструкции для пользователя(файл: фпд 4) содержатся описания 26 выполняемых функций (названия - жирным шрифтом № 1 - № 26). Из каждого номера выбрать не меньше 2-х ФТЭ и приступить к их описанию.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачёт с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой 40 баллов. Билет содержит два теоретических вопроса, относящихся к разным разделам дисциплины. Максимальная оценка за каждый теоретический вопрос – 20 баллов.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины

1. Качество создаваемых технических проектов. Формула для вероятности создания проекта с заданным уровнем качества.

2. Естественные и искусственные системы. Понятие технической системы. Свойства технической системы и элементов технической системы. Виды отношений между элементами технической системы.

3. Потребность в технической системе. Функция технической системы. Функциональная структура технической системы. Конструктивно-функциональный анализ технической системы.

4. Проектная задача. Поисковая задача. Задача выбора.

5. Постановка поисковой задачи. Проблемная ситуация.

6. Законы развития технических систем.

7. Типы и уровни изобретательских задач.

8. Объекты изобретения в технике: устройство; способ; вещество; применение известного ранее устройства, способа, вещества по новому назначению.

9. Международная классификация изобретений.

10. Эвристические приемы и фонды эвристических приемов.

11. Техническое противоречие. Приемы устранения технических противоречий Г.С. Альтшуллера.

12. Таблица устранения технических противоречий Г.С. Альтшуллера.

13. Вепольный анализ. Правила преобразования веполей.

14. Стандарты на решение изобретательских задач.

15. Порядок применения стандартов при решении изобретательских задач.

16. Понятие физико-технического эффекта (ФТЭ). Фонды ФТЭ. Указатели ФТЭ. Прямая и обратная задача с применением указателей ФТЭ.

17. Химические эффекты. Классификация и признаки химических эффектов.

18. Указатель использования химических эффектов для решения изобретательских задач.
19. Химические эффекты образования и исчезновения вещества.
20. Химические эффекты выделения и поглощения энергии.
21. Электреты.
22. Базы данных по использованию химических эффектов (в экологии, аккумуляторы электричества, способы получения покрытий металлами).
23. Функционально-физический анализ технических систем. Техническая функция. Физическая операция. Таблица операций Коллера.
24. Функциональная и потоковая структура технического объекта.
25. Физический принцип действия технической системы (ФПД). Понятие совместимости физико-технических эффектов. Виды совместимости ФТЭ. Синтез ФПД.
26. Пример синтеза физического принципа действия (датчик для измерения давления жидкости).
27. Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ). Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ).
28. Изобретающая машина - приемы (ИМ - П).
29. Изобретающая машина - эффекты (ИМ - Э).
30. Изобретающая машина - стандарты (ИМ - С).
31. Блок-схема изобретающей программы "Новатор"
32. Фонды эвристических приемов.
33. Межотраслевой фонд эвристических приемов А.И. Половинкина.
34. Фонд эвристических приемов для синтеза неоднородных ХТС многоассортиментных производств хлорметанов.
35. Блок-схема системы автоматизированного синтеза эвристических приемов.
36. Поиск и построение иерархического описания объекта химической технологии в процедуре синтеза эвристических приемов.
37. Анализ объекта химической технологии в процедуре автоматизированного синтеза эвристических приемов.
38. Классификация параметров объекта химической технологии для N - го уровня иерархии в процедуре автоматизированного синтеза эвристических приемов.
39. Блок-схема процесса решения задач концептуального проектирования на основе использования системы "конфликт - частный ЭП".
40. Мозговой штурм.
41. Синектика.
42. Ассоциативные методы активизации творческого мышления: метод каталога; метод фокальных объектов; метод гирлянд; метод случайностей и ассоциаций.
43. Метод контрольных вопросов.
44. Морфологический анализ и синтез решений.
45. Изобретающая программа "Новатор"

8.4. Структура и примеры билетов для зачёта с оценкой (2 семестр).

Зачёт с оценкой по дисциплине «*Инженерное творчество в нанотехнологиях*» проводится во 2 семестре и включает контрольные задания по разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой включает 2 теоретических вопроса.

Максимальная оценка – 40 баллов.

Пример билета для зачёта с оценкой.

"Утверждаю"
Зав. каф. КХТП
Глебов М.Б.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа –

«__» _____ 20__ г.

«Материалы и технологии наноинженерии»

ИНЖЕНЕРНОЕ ТВОРЧЕСТВО В НАНОИНЖЕНЕРИИ

Билет № 1

1. Потребность в технической системе. Функция технической системы. Функциональная структура технической системы. Конструктивно-функциональный анализ технической системы (20 баллов).

2. Блок-схема изобретающей программы Новатор (20 баллов).

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Дорохов И.Н. Инженерное творчество и инновационный менеджмент в химии и химической технологии. Лабораторный практикум: учеб. пособие / И.Н. Дорохов. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. - 76 с.

Б. Дополнительная литература

1. Дорохов И.Н., Меньшиков В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Интеллектуальные системы и инженерное творчество в задачах интенсификации химико-технологических процессов и производств. М.: Наука, 2005- 583 с.

2. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1988. – 420 с.

3. Земляной, К. Г. Основы научных исследований и инженерного творчества (учебно-исследовательская и научно-исследовательская работа студента) : учебно-методическое пособие / К. Г. Земляной, И. А. Павлова. — Екатеринбург : УрФУ, 2015. — 68 с. — ISBN 978-5-7996-1388-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/99010> (дата обращения: 16.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

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

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- конспекты лекций в формате *.pdf – 16;
- демонстрационные расчётные модули по комплексным заданиям;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе (Windows 7, Microsoft Office 2010).

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).

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. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ составляет на 01.01.2023 года 1 727 628 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 *«Инженерное творчество в наноинженерии»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

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

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5. При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки. Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети 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 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.

11.5. 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	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, оценки
Раздел 1. Основные понятия изобретательства.	Знает законы развития технических систем. Умеет решать изобретательские задачи. Изобретение и его признаки.	Оценка на зачете.

	Владеет международной классификацией изобретений.	
Раздел 2. Поиск технических решений.	Знает общую характеристику приемов поиска технических решений. Умеет применять метод проб и ошибок, эвристические приемы решения изобретательских задач. Владеет методами активизации творческого мышления: мозговой штурм; метод контрольных вопросов; синектика; метод фокальных объектов; метод ассоциаций и гирлянд случайностей; метод морфологических матриц.	Выполнение задач на практических занятиях. Оценивается в баллах. Оценка на зачете.
Раздел 3. Основные Понятия инженерного творчества.	Знает метод синтеза физических принципов действия. Умеет пользоваться фондом физико-технических эффектов. Владеет синтезом физического принципа действия по заданной физической операции	Оценка на зачете.
Раздел 4. Метод Коллера. Вепольные системы.	Знает метод Коллера. Умеет пользоваться аппаратом веполей и методом Коллера. Владеет приемами преобразования веполя.	Оценка на зачете.
Раздел 5. Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ).	Знает алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ). Умеет пользоваться методами теории решения изобретательских задач. Владеет приемами решения изобретательской задачи с применением ТРИЗ.	Оценка на зачете.
Раздел 6. Морфологический метод анализа и синтеза технических объектов и систем.	Знает морфологический анализ и синтез. Умеет реализовать морфологический синтез на основе четких критериев качества; на основе нечетких критериев качества. Владеет морфологическим методом древовидного синтеза, морфологическим методом лабиринтного синтеза, морфологическим методом блочно-лабиринтного синтеза, морфологическим анализом и синтезом на И-ИЛИ-графах.	Выполнение задач на практических занятиях. Оценивается в баллах. Оценка на зачете.
Раздел 7. Построение метода синтеза эвристических приемов.	Знает метод синтеза эвристических приемов. Умеет выполнять интерпретацию и конкретизацию обобщенных	Выполнение задач на практических занятиях. Оценивается в баллах.

	эвристических приемов; инверсию эвристических приемов. Владеет методом решения задач концептуального проектирования на основе использования системы «конфликт – частный эвристический прием».	Оценка на зачете.
Раздел 8. Изобретающая программа «Новатор».	Знает блок-схему изобретающей программы «Новатор». Умеет выполнять анализ ситуации, разрабатывать концепции. Владеет поиском в базе данных, редактированием исследовательского отчета.	Выполнение задач на практических занятиях. Оценивается в баллах. Оценка на зачете.

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 высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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

«Инженерное творчество в нанотехнологиях»

основной образовательной программы

28.04.02 Нанотехнология

Магистерская программа

«Материалы и технологии нанотехнологии»

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»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии»

Направление подготовки – 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена

к.т.н., доцентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов

П.Г. Михайловой

д.т.н., профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов

Т.В. Савицкой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 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 *«Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии»* относится к вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» дисциплин учебного плана и является дисциплиной по выбору студента.

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области: «Вычислительная математика», «Высшая математика», «Методы кибернетики в наноинженерии», «Моделирование нанопроцессов в химической технологии, фармацевтике и биотехнологии», а также на знаниях, полученных при изучении дисциплин подготовки магистрантов: «Моделирование технологических и природных систем».

Цель дисциплины – научить магистрантов теоретическим знаниям, практическим умениям и навыкам создания и использования экспертных систем для решения задач проектирования, планирования, прогнозирования, принятия решений, диагностики и управления химико-технологическими процессами и нанопроцессами, системами и химическими производствами, а также разработки экспертных обучающих систем.

Задачи дисциплины:

- обучение теоретическим знаниям и практическим умениям и навыкам использования методов искусственного интеллекта на основе экспертных систем для решения неформализованных задач в химической технологии;
- обучение теоретическим основам создания и организации экспертных систем для решения задач проектирования, планирования, прогнозирования, диагностики и управления в химической технологии;
- обучение теоретическим знаниям и практическим умениям и навыкам разработки моделей представления знаний в экспертных системах;
- обучение теоретическим знаниям и практическим умениям и навыкам разработки экспертных обучающих систем и элементов тренажёрных обучающих комплексов для управления химико-технологическими процессами, системами и химическими предприятиями.

Дисциплина *«Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии»* преподаётся во 2-м 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 **компетенций и индикаторов их достижения:**

Универсальные компетенции выпускников 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 критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач

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				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологий и решать их.	ПК-1.1 Знает современные методы, используемые при проведении научных исследований в нанотехнологии, и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы. ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности. ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента,	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации –

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
создания промышленных изделий.	областей техники.		навыками подготовки научно-технических отчетов.	6)
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик,	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы,	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция

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
определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.			С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Обладать следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.2; ПК-2.3; ПК-3.3

Знать:

- основные понятия, классификации и области применения экспертных систем для решения неформализованных задач химической технологии и нанотехнологии;
- теоретические основы создания и организации экспертных систем для решения задач проектирования, планирования, прогнозирования, диагностики и управления в химической технологии и нанотехнологии;
- модели представления знаний в экспертных системах;
- механизмы логического вывода в экспертных системах;
- методы и алгоритмы принятия решений в задачах проектирования, планирования и управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами и производствами с использованием экспертных систем;
- методы и подходы к созданию экспертных обучающих систем и тренажерных комплексов для управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами, системами и химическими предприятиями.

Уметь:

- формулировать постановки задач проектирования, прогнозирования, планирования, оптимизации и управления объектами химической технологии и нанотехнологии в условиях неопределенности и выбирать методы решения данных задач с использованием экспертных систем;
- разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии;
- разрабатывать алгоритмы логического вывода в экспертных системах.

Владеть:

- навыками использования современных оболочек экспертных систем для решения задач поддержки принятия решений и управления в химической технологии и нанотехнологии.

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:	1,41	51	38,25
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
Самостоятельная работа	2,59	93	69,75
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,45
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для магистров

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	Введение	2,5	0,5	-	2
1.	Раздел 1. Принципы построения экспертных систем	13	3	-	10
1.1	Экспертные системы. Понятие и классификация экспертных систем. Типовая структура и пользователи экспертной системы.	7	2	-	5
1.2	Этапы и средства построения экспертных систем.	6	1	-	5
2	Раздел 2. Модели представления знаний в экспертных системах	18	2	-	16
2.1.	Требования к представлению знаний в экспертных системах	5,5	0,5	-	5
2.2.	Классификация моделей представления знаний в системах искусственного интеллекта	6,5	0,5	-	6
2.3.	Методы сбора экспертных знаний и обработки экспертных оценок в процессе группового принятия решений. Требования к экспертам. Стратегии получения знаний. Структурирование знаний	6	1	-	5
3.	Раздел 3. Логические модели в системах, основанных на знаниях	35,5	4,5	12	19
3.1.	Логика и логическое управление. Функции, аксиомы и теоремы (законы) алгебры логики	15	2	6	7
3.2.	Таблица состояний и таблица истинности. Построение дерева смены состояний химико-технологической системы	6,5	0,5	2	4
3.3.	Логические и логико-	6,5	0,5	2	4

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	лингвистические модели представления знаний. Логические схемы				
3.4.	Исчисление предикатов	4	1	1	2
3.5.	Правила вывода в логических моделях	3,5	0,5	1	2
4	Раздел 4. Сетевые структурно-лингвистические модели представления знаний	21	2	8	11
4.1.	Семантические сети. Основные понятия, классификация, типы отношений. Логический вывод в семантических сетях	8	1	4	3
4.2.	Онтологии: понятия, типы отношений, базовая методология создания	9,5	0,5	4	5
4.3.	Нечеткие сети Петри	3,5	0,5	-	3
5	Раздел 5. Фреймовые модели представления знаний об объектах химической технологии	17	2	4	11
5.1.	Понятие и классификация фреймов. Способы представления	8,5	1,5	3	4
5.2.	Иерархическая структура фреймов. Множественное наследование. Процедуры логического вывода решений с использованием моделей на основе фреймов	8,5	0,5	1	7
6	Раздел 6. Продукционные правила, модели и системы представления знаний	26	2	10	14
6.1.	Алгоритм формирования рабочего набора продукционных правил, проверка на противоречивость и избыточность	7	1	-	6
6.2.	Вывод в продукционных системах: прямой и обратный вывод, поиск в	19	1	10	8

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	глубину и ширину. Процедура вывода решений на основе продукционных моделей представления знаний на примерах задач классификации, выбора, и управления в химической технологии				
7	Раздел 7. Экспертные обучающие системы и тренажёрные комплексы в химической технологии	11	1	-	10
7.1.	Экспертные обучающие системы (ЭОС)	5,5	0,5		5
7.2.	Компьютерные тренажёрные обучающие комплексы (ТОК)	5,5	0,5	-	5
	Всего	144	17	34	93

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение. Цель и задачи курса. Краткий исторический очерк развития методов искусственного интеллекта, основанных на знаниях

Раздел 1. Принципы построения экспертных систем.

1.1. Экспертные системы. Понятие и классификация экспертных систем. Типовая структура и пользователи экспертной системы.

1.2. Этапы и средства построения экспертных систем. Стандартные оболочки для создания экспертных систем. Примеры использования экспертных систем для решения задач планирования, прогнозирования, диагностики и управления в химической технологии и нанотехнологии.

Раздел 2. Модели представления знаний в экспертных системах

2.1. Требования к представлению знаний в экспертных системах.

2.2. Классификация моделей представления знаний в системах искусственного интеллекта.

2.3. Методы сбора экспертных знаний и обработки экспертных оценок в процессе группового принятия решений. Требования к экспертам. Стратегии получения знаний. Структурирование знаний.

Раздел 3. Логические модели в системах, основанных на знаниях

3.1. Логика и логическое управление. Функции, аксиомы и теоремы (законы) алгебры логики.

3.2. Таблица состояний и таблица истинности. Построение дерева смены состояний химико-технологической системы.

3.3. Логические и логико-лингвистические модели представления знаний. Логические схемы.

3.4. Исчисление предикатов.

3.5. Правила вывода в логических моделях.

Раздел 4. Сетевые структурно-лингвистические модели представления знаний.

4.1. Семантические сети. Основные понятия, классификация, типы отношений.

Логический вывод в семантических сетях.

4.2. Онтологии: понятия, типы отношений, базовая методология создания.

4.3. Нечеткие сети Петри.

Раздел 5. Фреймовые модели представления знаний об объектах химической технологии и нанотехнологии.

5.1. Понятие и классификация фреймов. Способы представления.

5.2. Иерархическая структура фреймов. Множественное наследование. Процедуры логического вывода решений с использованием моделей на основе фреймов.

Раздел 6. Продукционные правила, модели и системы представления знаний.

6.1. Алгоритм формирования рабочего набора продукционных правил, проверка на противоречивость и избыточность.

6.2. Вывод в продукционных системах: прямой и обратный вывод, поиск в глубину и ширину. Процедура вывода решений на основе продукционных моделей представления знаний на примерах задач классификации, выбора, и управления в химической технологии и нанотехнологии.

Раздел 7. Экспертные обучающие системы и тренажёрные комплексы в химической технологии и нанотехнологии

7.1. Экспертные обучающие системы (ЭОС). Структура ЭОС. Базы знаний в ЭОС.

7.2. Компьютерные тренажерные обучающие комплексы (ТОК). Функциональная структура. Структура математического обеспечения модульного тренажера.

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 понятия, классификации и области применения экспертных систем для решения неформализованных задач химической технологии и нанотехнологии;	+						
2	теоретические основы создания и организации экспертных систем для решения задач проектирования, планирования, прогнозирования, диагностики и управления в химической технологии и нанотехнологии;	+	+					
3	модели представления знаний в экспертных системах;		+	+	+	+	+	
4	механизмы логического вывода в экспертных системах;			+	+	+	+	
5	методы и алгоритмы принятия решений в задачах проектирования, планирования и управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами и производствами с использованием экспертных систем;			+	+	+	+	
6	методы и подходы к созданию экспертных обучающих систем и тренажерных комплексов для управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами, системами и химическими предприятиями.							+
	Уметь:							
7	формулировать постановки задач проектирования, прогнозирования, планирования, оптимизации и управления объектами химической технологии и нанотехнологии в условиях неопределенности и выбирать методы решения данных задач с использованием экспертных систем;	+						
8	разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии;			+	+	+	+	
9	разрабатывать алгоритмы логического вывода в экспертных системах.			+	+	+	+	
	Владеть:							
10	навыками использования современных оболочек экспертных систем для решения задач поддержки принятия решений и управления в химической технологии и нанотехнологии.				+	+	+	

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <u>универсальные и профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</u>									
	Код и наименование УК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения УК (перечень из п.2)							
	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации	+	+	+	+	+	+	+
		УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке	+	+	+	+	+	+	+
		УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач	+	+	+	+	+	+	+
	Код и наименование ПК (перечень из п.2)	Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)							
	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологии и решать их.	ПК-1.1 Знает современные методы, используемые при проведении научных исследований в нанотехнологии, и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы.	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности.	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-1.3 Владеет приёмами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	+	+	+	+	+	+	+
	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-	+	+	+	+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7
	интерпретации	исследовательских работ							
		ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	+	+	+	+	+	+	+
	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов нанопроизводства	ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности		+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1.	3.1	Разработка логических моделей (функций) представления знаний для решения задач планирования и управления химико-технологическими процессами и системами. Использование аксиом и теорем алгебры логики для преобразования логических функций	6
2.	3.2-3.3	Решение задач построения логической схемы по логической функции, логической функции по логической схеме, логической функции по таблице истинности	4
3.	3.4, 3.5	Использование логики предикатов для разработки логической модели процесса взаимодействия аппаратов периодического действия	2
4.	4.1	Представление знаний о технологических процессах, о типовом оборудовании химических производств с использованием семантических сетей	4
5.	4.2	Представление знаний о типовом оборудовании химических производств с использованием онтологий	4
6.	5.1, 5.2	Представление знаний о технологических процессах, о типовом оборудовании химических производств с использованием фреймов	4
7.	6.2	Составление продукционных правил и продукционных моделей представления знаний для принятия решений по управлению технологическими процессами в заданном технологическом регламенте, предаварийном и аварийном режимах	4
8.	6.2	Изучение функциональных возможностей стандартных оболочек экспертных систем для решения задач планирования и управления химико-технологическими процессами и химическими производствами	6
		ИТОГО	34

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия не предусмотрены.

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объёме 93 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам;
- написание реферата;

– 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;

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 «Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии» предусмотрены следующие баллы текущего контроля освоения дисциплины:

- Контрольная работа №1 (раздел 3) – 12 баллов;
- Контрольная работа №2 (раздел 3) – 12 баллов;
- Контрольная работа №3 (раздел 4,5) – 12 баллов;
- Контрольная работа №4 (раздел 6) – 14 баллов;
- Реферат – 10 баллов.

8.1. Примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины

1. Решение типовых задач на формирование набора возможных состояний химико-технологической системы в виде таблицы состояний, построение дерева смены состояний химико-технологической системы и соответствующей таблицы истинности.

Максимальная оценка контрольной работы – 12 баллов.

Вариант 1.

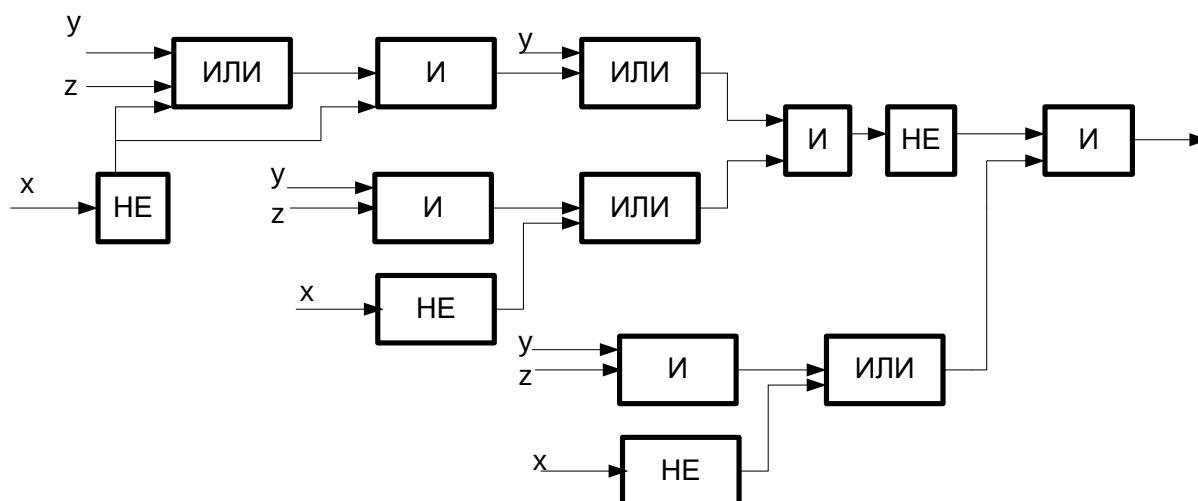
Сформировать набор возможных состояний системы, состоящей из одного продукта, обрабатываемого последовательно на двух аппаратах, и склада для хранения сырья и готовой продукции. Составить перечень возможных действий для перехода между состояниями системы. Построить таблицу истинности и дерево переходов между состояниями. Определить исходное и целевое состояния системы.

2. Решение типовых задач построения логических зависимостей по логическим схемам (и обратной задачи), таблицам истинности. Использование аксиом и теорем алгебры логики для упрощения логических зависимостей.

Максимальная оценка контрольной работы – 12 баллов.

Вариант 5

Для заданной логической схемы записать функциональную зависимость от трёх логических переменных и построить таблицу истинности. С использованием аксиом и теорем алгебры логики упростить полученную функцию, построить для неё логическую схему и проверить её правильность с помощью таблицы истинности.



3. Решение типовых задач использования семантических сетей и фреймов для представления знаний о технологических процессах, о типовом оборудовании химических производств.

Максимальная оценка контрольной работы – 12 баллов.

ВАРИАНТ 3

Модели представления знаний: фреймы и семантические сети.

Представить знаний о технологическом процессе осаждения сульфида меди и удаления из реакционной массы избыточного аммиака (стадия ТП-3.2), заданные технологическим регламентом:

- в виде семантической сети (технологический процесс);
- в виде фреймов

ТП-3.2. Осаждение сульфида меди и удаление из реакционной массы избыточного аммиака

Аммонийная соль 6-аминовератровой кислоты – соединение нестойкое и в присутствии аммиака меди быстро окисляется кислородом воздуха, поэтому к реакционной массе сразу после окончания процесса добавляют сульфид натрия для перевода меди в осадок в виде сульфида в аппарате Р-33.

Расход сульфида натрия 1 моль на 1 моль загруженной меди. При отсутствии меди в растворе, реакционную массу переносят в аппарат Р-34 и через холодильник Т-35 и две ловушки Сб-39 (пустая) и Сб-40 (с водой) удаляют избыток аммиака при $P_{ост}$ 20 кПа и 23 °С в течение 2 ч, после чего отключают ловушки, дают холодную воду в холодильник Т-35, горячую воду в рубашку аппарата Р-34, в системе создают $P_{ост}$ 15-20 кПа и при температуре в массе 63 ± 2 °С отгоняют часть воды в Сб-36. Подъем температуры при отгонке воды выше 65 °С снижает выход «Фенилмочевины». Охлаждающуюся реакционную массу пуском холодной воды в рубашку аппарата до 23 °С и сульфид меди отфильтровывают на фильтре Ф-41. Осадок промывают водой через аппарат и отправляют на обезвреживание. Фильтрат направляют на ТП-3.3 в аппарат Р-44.

4. Решение типовых задач составления систем продукционных правил и продукционных моделей представления знаний по управлению технологическими процессами в заданном технологическом регламенте режиме с целью получения целевого продукта заданного качества, предаварийном и аварийном режимах.

Максимальная оценка контрольной работы – 14 баллов.

ВАРИАНТ 4

Модели представления знаний: продукционные. Составить систему

производственных правил и записать производственную модель представления знаний по управлению технологическим процессом получения хлорангидрида пироксалиевой кислоты (стадия ТП-8.1) в заданном технологическом регламентом режиме с целью получения целевого продукта заданного качества.

ТП-8.1. Получение хлорангидрида пироксалиевой кислоты

Хлорангидрид пироксалиевой кислоты получают взаимодействием пироксалиевой кислоты с хлористым тионом в присутствии катализатора – диметилформамида. Соотношение реагентов: 1,3 моль тионил хлористого на 1 моль пироксалиевой кислоты.

Реакция получения хлорангидрида проходит с выделением больших количеств кислых газов, что ведет к вспениванию реакционной массы. Вследствие этого коэффициент заполнения аппарата не должен превышать 0,5. Во избежание вспенивания и выброса реакционной массы проводят медленное, в течение 2 ч, нагревание реакционной массы до температуры 80 ± 5 °С, при которой завершается процесс.

В аппарат Р-83 с двумя поглотительными ловушками, одна из которых Л-84а – пустая, другая Л-84б заполнена водой, загружают из аппарата Р-254 толуольный раствор пироксалиевой кислоты, из мерника М-86 – диметилформамид. Подают воду в рубашку аппарата Р-83 и на обратный холодильник Т-85 и перемешивают реакционную массу при температуре около 20 °С в течение 20 мин, затем при этой же температуре из мерника М-87 в течение 30 мин прибавляют тионил хлористый так, чтобы температура в массе не поднималась выше 20 °С.

По окончании прибавления прекращают подачу охлажденной воды в рубашку аппарата и нагревают массу подачей паро-водяной смеси в рубашку аппарата до температуры 85 °С со скоростью подъема температуры 0,5 °С в мин в течение 2 ч. При температуре 83 ± 5 °С дают выдержку при перемешивании в течение 4 ч.

По окончании выдержки прекращают внешний обогрев, пуском воды в рубашку аппарата охлаждают массу до температуры 20 ± 5 °С. Мешалку останавливают и отбирают пробу для определения конца реакции.

Хлорангидрид пироксалиевой кислоты – сильный лакриматор!

Реакция считается законченной, если в реакционной массе содержание пироксалиевой кислоты не превышает 0,2 %.

8.2. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Максимальная оценка – 10 баллов.

1. Использование экспертных систем в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и смежных отраслях промышленности для решения задач планирования.
2. Обзор современных средств разработки экспертных систем.
3. Обзор современных программных средств, реализующих методы искусственного интеллекта.
4. Обзор современных подходов, методов и оболочек для реализации тренажерных обучающих комплексов и экспертных обучающих систем.
5. Использование экспертных систем в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и смежных отраслях промышленности для решения задач управления.
6. Современное состояние в области разработки промышленных тренажеров для подготовки операторов-технологов (химическая и смежные отрасли промышленности).
7. Использование интеллектуальных систем для диагностики и прогнозирования аварийных ситуаций на предприятиях.
8. Примеры использования семантических сетей для представления знаний об объектах химической технологии.

9. Примеры использования фреймов для представления знаний об объектах химической технологии.
10. Примеры практического использования экспертных обучающих систем в профессиональном образовании.
11. Примеры использования логики предикатов для представления знаний и построения экспертных систем в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и смежных отраслях промышленности.
12. Обзор интеллектуальных систем автоматизированного проектирования технологических процессов и систем.
13. Системы интеллектуального мониторинга в промышленности.
14. Обзор интеллектуальных систем контроля сложных технологических процессов.
15. Архитектура и примеры гибридных экспертных систем.
16. Примеры экспертных систем поддержки принятия решений в химической и смежных отраслях промышленности.
17. Деревья принятия решений. Понятие. Классификация. Программное обеспечение. Примеры использования в химической и смежных отраслях промышленности.
18. Системы обработки естественного языка.
19. Обзор методов моделирования рассуждений.
20. Нейлоровские диагностирующие системы. Примеры.
21. Обзор экспертных систем на основе байесовского подхода.
22. Статические, квазидинамические и динамические экспертные системы химической технологии и нанотехнологии.
23. Миварный подход к разработке экспертных систем.
24. Таксономические экспертные системы.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме зачета с оценкой. Билет содержит три практических задания. Максимальная оценка за задание 1 – 13 баллов, за задание 2 – 13 баллов, за задание 3 – 14 баллов. Максимальная оценка за ответ на зачете – 40 баллов.

Для каждого задания приводится фрагмент технологического регламента, плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций или описание типового оборудования химических производств.

1. Модели представления знаний: семантические сети. Использование семантической сети для представления знаний о типовом оборудовании химических производств (по заданию преподавателя).

2. Модели представления знаний: семантические сети. Использование семантической сети для представления знаний о технологическом процессе (по заданию преподавателя).

3. Модели представления знаний: фреймы. Использование фреймов для представления знаний о типовом оборудовании химических производств (по заданию преподавателя).

4. Модели представления знаний: фреймы. Использование фреймов для представления знаний о технологическом процессе (по заданию преподавателя).

5. Модели представления знаний: продукционные. Составить систему продукционных правил и записать продукционную модель представления знаний по управлению технологическим процессом в штатном режиме (по заданию преподавателя).

6. Модели представления знаний: продукционные. Составить систему продукционных правил и записать продукционную модель представления знаний по управлению технологическим процессом в предаварийном режиме (по заданию преподавателя).

7. Модели представления знаний: продукционные. Представить в виде

продукционной модели алгоритм выбора метода очистки сточных вод (по заданию преподавателя).

8. Модели представления знаний: продукционные. Записать систему продукционных правил для выбора метода очистки сточных вод (по заданию преподавателя).

9. Модели представления знаний: семантические сети и фреймы. Использование семантической сети и фреймов для представления знаний о типовом оборудовании химических производств (по заданию преподавателя).

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

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине «*Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии*» проводится во 2 семестре и включает три практических задания по разделу 3 рабочей программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 3 вопросов, относящихся к указанному разделу. Ответы на вопросы зачета с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первое задание – 13 баллов, второе – 13 баллов, третье – 14 баллов.

Пример билета для **зачета с оценкой**.

«Утверждаю» Зав. каф. КХТП (Должность, название кафедры) _____ 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 28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии» Дисциплина «Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии»
Билет № 1 1. Модели представления знаний: семантические сети. Использование семантических сетей для представления знаний о технологическом процессе получения лидокаина гидрохлорида (стадия ТП-3.1). <u>ТП-3.1. Получение ацетонового раствора 2-диэтиламино-2',6'-ацетксилидида.</u> В аппарат Р-29 из мерника М-30 загружают ацетон ($m=2,337$ т, $\rho=595,5$ кг/м³) и при работающей мешалке через люк загружают основание лидокаина ($m=0,923$ т, $\rho=790$ кг/м³). Суспензию перемешивают в течение 30-40 мин до полного растворения продукта. Через люк загружают активированный уголь ($m=0,047$ т) и массу перемешивают еще 30 мин. Полученную суспензию фильтруют на друк-фильтре Ф-31. Уголь на фильтре трижды промывают ацетоном ($m=0,916$ т, $\rho=789,6$ кг/м³) через аппарат Р-29. Ацетоновый раствор основания лидокаина и промывной ацетон с фильтра Ф-31 направляют в аппарат Р-32 на операцию ТП-3.2. Уголь с фильтрующим материалом направляют на термическое обезвреживание. Общее время на стадии 5,5 часов. 2. Модели представления знаний: фреймы. Использование фреймов для представления знаний о технологическом процессе получения лидокаина гидрохлорида (стадия ТП-3.2). <u>ТП-3.2. Получение лидокаина гидрохлорида.</u> К ацетоновому раствору основания лидокаина ($m=4,139$ т, $\rho=635,5$ кг/м³) при работающей мешалке в аппарате Р-32 из мерника М-33 в течение	

30-40 мин прибавляют соляную кислоту ($m = 0,407 \text{ т}$, $\rho = 1183 \text{ кг/м}^3$). Температура массы при этом поднимается до $40 \pm 2^\circ\text{C}$. Прибавление кислоты ведут до pH массы 3,5-4. Пуском заходящей воды в рубашку аппарата раствор охлаждают до температуры $20 \pm 2^\circ\text{C}$, вносят затравку лидокаина гидрохлорида и перемешивают массу в течение 3 ч. Пуском рассола в рубашку аппарата Р-32 суспензию охлаждают до температуры $3 \pm 2^\circ\text{C}$, перемешивают в течение 1 ч и передают на фильтрацию. Общее время на стадии 6 часов.

3. Модели представления знаний: производственные. Составить систему производственных правил и записать производственную модель представления знаний по управлению технологическим процессом блока ректификации секции 200 установки каталитического крекинга в предаварийном и аварийном режиме

Признаки аварийных ситуаций	Действия
Повышение давления в колонне К-201 выше $1,35 \text{ кгс/см}^2$	1. Включить в работу все холодильники воздушного охлаждения 201, увеличить поступление оборотной воды в Х-201/1,2,3. 2. Прекратить подачу орошения закрытием регулирующего клапана FCA 2-329. Температуру на верхней тарелке поддерживать подачей верхнего циркуляционного орошения. 3. Давление по газовому тракту К-201 – О-201 регулировать сбросом «факел» через регулирующий клапан PCA 2-13. 4. При остановке газовых компрессоров ЦК-301/1,2,р восстановить работоспособность. 5. Уровень в колонне поддерживать подачей гидрогенизата через клапан дистанционного управления НС 2-29. Постоянно контролировать работу насосов циркуляционных орошений К-201. 6. Действия по секциям 100, 300 производить согласно указанию администрации цеха, установки. 7. При дальнейшем росте давления аварийно остановить установку.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Болотова, Л. С. Системы поддержки принятия решений в 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для вузов / Л. С. Болотова ; ответственные редакторы В. Н. Волкова, Э. С. Болотов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 257 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8250-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490259> (дата обращения: 20.04.2024).

2. Болотова, Л. С. Системы поддержки принятия решений в 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для вузов / Л. С. Болотова ; ответственные редакторы В. Н. Волкова, Э. С. Болотов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 250 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8251-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471000> (дата обращения: 20.04.2024).

3. Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта : учебник и практикум для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 268 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17032-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/544161> (дата обращения: 20.01.2024).

Б) Дополнительная литература:

1. Химическая и биологическая безопасность: модели, методы и

интеллектуальные системы управления безопасностью: учеб. пособие / А. Ф Егоров, Т. В. Савицкая, П. Г. Михайлова, С. А. Лёвушкина. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 220 с. (подраздел 2.2 (9 с.), (подраздел 4.2 (34 с.)).

2. Дорохов И. Н., Меньшиков В. В. Системный анализ процессов химической технологии. Интеллектуальные системы и инженерное творчество в задачах интенсификации химико-технологических процессов и производств, М.: Наука, 2005. – 584 с.

3. Методологические основы построения экспертных систем в химической технологии [Текст] : учебное пособие / И.В. Хлебалкин, И.Н. Дорохов, Л.С. Гордеев, С.В. Николаев. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. - 48 с.

4. Станкевич, Л. А. Интеллектуальные системы и технологии : учебник и практикум для вузов / Л. А. Станкевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 478 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20363-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/558009> (дата обращения: 20.05.2024).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

– Интеллектуальные системы в производстве. ISSN печатной версии – 1813-7911, ISSN онлайн-версии – 2410-9304;

– Интеллектуальные системы. Теория и приложения (Интеллектуальные системы (до 2014 года)); ISSN печатной версии – 2411-4448

– Искусственный интеллект и принятие решений. ISSN печатной версии – 2071-8594;

– Информационные технологии в проектировании и производстве. ISSN печатной версии – 2073-2597;

– Artificial intelligence. ISSN печатной версии – 0004-3702, ISSN онлайн-версии – 1872-7921;

– Engineering applications of artificial intelligence. ISSN печатной версии – 0952-1976, ISSN онлайн-версии – 1873-6769.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

1. Портал знаний об искусственном интеллекте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://neuronus.com/> (дата обращения: 20.04.2024).

2. TAdviser [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/> (дата обращения: 20.04.2024).

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

Подготовлены:

- электронные конспекты лекций по отдельным разделам дисциплины;
- компьютерные презентации лекций по отдельным разделам дисциплины;
- варианты заданий для выполнения контрольных работ, направленных на приобретение студентами навыков разработки моделей представления знаний для создания экспертных систем в химической технологии;
- темы рефератов и требования к их оформлению.

Указанные информационно-образовательные ресурсы размещены на учебном портале РХТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://study.muctr.ru/course/view.php?id=208> (дата обращения: 15.05.2024).

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн с использованием LMS Moodle, включая обмен сообщениями, новостной форум и др.

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 01.01.2024 г. составляет 1 559 436 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 «**Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии**» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеется 1 компьютерный класс с 13 компьютерами, объединенными в локальную сеть с выходом в Интернет, и одним принтером.

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

11.2. Учебно-наглядные пособия

Фрагменты технологических регламентов производств, режимные листы установок.

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

На кафедре КХТП для проведения практических занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5.

При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях или при проведении лабораторных работ на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Презентации лекций и семинарских занятий по разделам дисциплины.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на учебном портале РХТУ им. Д.И. Менделеева.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	Protege Бесплатный редактор онтологий с открытым исходным кодом и фреймворк для построения интеллектуальных систем	Доступна на сайте разработчика по ссылке https://protege.stanford.edu/software.php#desktop-protege	-	Свободно распространяемое программное обеспечение
2.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	13 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Принципы построения экспертных систем	Знает: основные понятия, классификации и области применения экспертных систем для решения неформализованных задач химической технологии и нанотехнологии. теоретические основы создания и организации экспертных систем для решения задач проектирования, планирования, прогнозирования, диагностики и управления в химической технологии и нанотехнологии;	Оценка за реферат. Оценка на зачете

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	Умеет: формулировать постановки задач проектирования, прогнозирования, планирования, оптимизации и управления объектами химической технологии и нанотехнологии в условиях неопределенности и выбирать методы решения данных задач с использованием экспертных систем	
Раздел 2. Модели представления знаний в экспертных системах	Знает: теоретические основы создания и организации экспертных систем для решения задач проектирования, планирования, прогнозирования, диагностики и управления в химической технологии и нанотехнологии; модели представления знаний в экспертных системах.	Оценка за реферат. Оценка на зачете.
Раздел 3. Логические модели в системах, основанных на знаниях	Знает: модели представления знаний в экспертных системах; механизмы логического вывода в экспертных системах; методы и алгоритмы принятия решений в задачах проектирования, планирования и управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами и производствами с использованием экспертных систем. Умеет: разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии; разрабатывать алгоритмы логического вывода в экспертных системах.	Оценки за контрольные работы №1, 2. Оценка за реферат. Оценка на зачете
Раздел 4. Сетевые структурно-лингвистические модели представления знаний	Знает: модели представления знаний в экспертных системах; механизмы логического вывода в экспертных системах; методы и алгоритмы принятия решений в задачах проектирования, планирования и управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами и производствами с использованием экспертных систем. Умеет: разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии; разрабатывать алгоритмы логического вывода в экспертных системах. Владеет: навыками использования современных оболочек экспертных систем для решения задач поддержки принятия решений и управления в химической технологии и нанотехнологии.	Оценка за контрольную работу №3. Оценка за реферат. Оценка на зачете.
Раздел 5. Фреймовые модели	Знает: модели представления знаний в экспертных системах;	Оценка за контрольную

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
представления знаний об объектах химической технологии	механизмы логического вывода в экспертных системах; методы и алгоритмы принятия решений в задачах проектирования, планирования и управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами и производствами с использованием экспертных систем. Умеет: разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии; разрабатывать алгоритмы логического вывода в экспертных системах. Владеет: навыками использования современных оболочек экспертных систем для решения задач поддержки принятия решений и управления в химической технологии и нанотехнологии.	работу №3. Оценка за реферат. Оценка на зачете.
Раздел 6. Продукционные правила, модели и системы представления знаний	Знает: модели представления знаний в экспертных системах; механизмы логического вывода в экспертных системах; методы и алгоритмы принятия решений в задачах проектирования, планирования и управления химико-технологическими процессами, нанопроцессами и производствами с использованием экспертных систем. Умеет: разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии; разрабатывать алгоритмы логического вывода в экспертных системах. Владеет: навыками использования современных оболочек экспертных систем для решения задач поддержки принятия решений и управления в химической технологии и нанотехнологии.	Оценка за контрольную работу №4. Оценка за реферат. Оценка на зачете.
Раздел 7. Экспертные обучающие системы и тренажёрные комплексы в химической технологии	Знает: методы и подходы к созданию экспертных обучающих систем и тренажерных комплексов для управления химико-технологическими процессами, системами и химическими предприятиями. Умеет: разрабатывать базы правил и базы знаний для создания экспертных систем в химической технологии и нанотехнологии.	Оценка за реферат. Оценка на зачете

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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– 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
«Экспертные системы в химической технологии и нанотехнологии»
основной образовательной программы высшего образования – программы
магистратуры
по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
		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»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Современные среды программирования
для решения задач нанотехнологий»**

Направление подготовки 28.04.02 Нанотехнологии

Магистерская программа – «Материалы и технологии нанотехнологий»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена д.т.н., профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов (КХТП) А.Ф. Егоровым и к.т.н., доцентом кафедры КХТП А.М. Сверчковым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КХТП РХТУ им. Д.И. Менделеева «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии Ученого совета 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 «Современные среды программирования для решения задач наноинженерии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору студента. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области таких дисциплин как «Основы информационных технологий», «Профильное программное обеспечение для решения задач профессиональной деятельности», «Вычислительная математика» и аналогичных дисциплинах других направлений подготовки.

Цель дисциплины – научить студентов использовать численные методы для обработки экспериментальных данных, решения линейных и нелинейных алгебраических, дифференциальных уравнений и их систем, вычисления определённых интегралов, оптимизации функций одной и нескольких переменных при решении задач наноинженерии с помощью программно-алгоритмического обеспечения, написанного в современных средах программирования.

Задачи изучения дисциплины «Современные среды программирования для решения задач наноинженерии» заключаются:

- в получении знаний и развитию практических навыков по применению методов вычислительной математики и программирования для решения задач наноинженерии;
- в развитии ранее полученных навыков структурного программирования.

Дисциплина «Современные среды программирования для решения задач наноинженерии» преподаётся во 2 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 **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
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и инновационный				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологий и решать их.	ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности.	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

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
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации.	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ.	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

В результате изучения дисциплины обучающийся по программе бакалавриата должен:

Знать:

- технические и программные средства разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения задач наноинженерии;
- основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием современных сред программирования;

Уметь:

- использовать современные среды программирования для решения профессиональных задач;
- формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи наноинженерии, требующие применения численных методов;

Владеть:

- приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач в наноинженерии;
- методами разработки математических моделей и методами содержательной интерпретации полученных результатов.

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:	1,88	68	51
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25,5
Самостоятельная работа	2,12	76	57
Контактная самостоятельная работа	1,12	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,8	56,85
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. Зан.	Лаб. работы	Сам. работа
	Введение	1	1	–	–	–
1	Раздел 1. Общие принципы разработки программно-алгоритмического обеспечения в современных средах программирования	12	2	2	2	6
1.1	Основные этапы разработки	1	1	–	–	–

1.2	Разработка специализированных библиотек процедур и функций	11	1	2	2	6
2	Раздел 2. Программно-алгоритмическая реализация численных методов интерполирования экспериментальных данных	20	2	2	4	12
2.1	Алгоритмизация методов интерполирования экспериментальных данных	2	2	–	–	–
2.2	Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций	8	–	1	2	5
2.3	Программирование основных процедур и функций	10	–	1	2	7
3	Раздел 3. Программно-алгоритмическая реализация численных методов аппроксимации экспериментальных данных	24	2	3	6	13
3.1	Алгоритмизация методов аппроксимации экспериментальных данных	1	1	–	–	–
3.2	Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций	9	1	1	2	5
3.3	Программирование основных процедур и функций	14	–	2	4	8
4	Раздел 4. Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения нелинейных алгебраических уравнений	16	2	2	4	8
4.1	Алгоритмизация методов решения нелинейных алгебраических уравнений в современных средах программирования	2	2	–	–	–
4.2	Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций	7	–	1	2	4
4.3	Программирование основных процедур и функций для решения уравнений численными методами	7	–	1	2	4
5	Раздел 5. Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения систем алгебраических уравнений	20	2	2	4	12
5.1	Алгоритмизация методов решения систем линейных и нелинейных уравнений в современных средах программирования	2	2	–	–	–

5.2	Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций	8	–	1	2	5
5.3	Программирование основных процедур и функций для решения систем уравнений численными методами	10	–	1	2	7
6	Раздел 6. Программно-алгоритмическая реализация численных методов интегрального и дифференциального исчислений	26	3	3	7	13
6.1	Алгоритмизация методов интегрального и дифференциального исчисления в современных средах программирования	1	1	–	–	–
6.2	Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций	8	–	1	2	5
6.3	Особенности программных реализаций задачи Коши и краевой задачи	2	2	–	–	–
6.4	Программирование основных процедур и функций для решения систем дифференциальных уравнений	7	–	1	2	4
6.5	Программирование методов вычисления определённых интегралов	8	–	1	3	4
7	Раздел 7. Программно-алгоритмическая реализация численных методов оптимизации функций одной и нескольких переменных	25	3	3	7	12
7.1	Алгоритмизация решения задач оптимизации функций одной и нескольких переменных	3	3	–	–	–
7.2	Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций	8	–	1	2	5
7.3	Программирование методов оптимизации функций одной и нескольких переменных	14	–	2	5	7
	ИТОГО	144	17	17	34	76

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение.

Цели и задачи дисциплины. Методы и средства программирования, используемые для решения задач нанотехнологий.

Раздел 1. Общие принципы разработки программно-алгоритмического обеспечения в современных средах программирования.

1.1. Основные этапы разработки. Жизненный цикл программного обеспечения, модели жизненного цикла. Этапы разработки программного обеспечения.

1.2. Разработка специализированных библиотек процедур и функций. Процедуры и функции, определяемые пользователем, их хранение и использование в специализированных библиотеках. Оформление программного кода процедур и функций в специализированных библиотеках.

Раздел 2. Программно-алгоритмическая реализация численных методов интерполирования экспериментальных данных.

2.1. Алгоритмизация методов интерполирования экспериментальных данных. Постановка задачи интерполирования. Определение типов исходных данных и результатов расчёта при интерполировании.

2.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций. Определение требуемых визуальных элементов управления, перечня необходимых процедур и функций. Проектирование интерфейса пользователя. Особенности алгоритмизации основных вычислительных процедур для интерполирования экспериментальных данных.

2.3. Программирование основных процедур и функций. Программирование процедур ручного и автоматизированного ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода основных вычислительных процедур. Программирование процедур представления результатов интерполирования экспериментальных данных на экране и сохранения в файл.

Раздел 3. Программно-алгоритмическая реализация численных методов аппроксимации экспериментальных данных.

3.1. Алгоритмизация методов аппроксимации экспериментальных данных. Постановка задачи аппроксимации. Определение типов исходных данных и результатов расчёта при интерполировании.

3.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций. Визуальные компоненты для ввода и вывода данных. Структура и свойства интерфейса пользователя. Особенности алгоритмизации основных вычислительных процедур для аппроксимации экспериментальных данных.

3.3. Программирование основных процедур и функций. Программирование процедур ручного и автоматизированного ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода основных вычислительных процедур. Использование специализированных библиотек процедур и функций для решения задачи аппроксимации в матричной форме. Программирование процедур представления результатов аппроксимации экспериментальных данных на экране и сохранения в файл.

Раздел 4. Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения нелинейных алгебраических уравнений.

4.1. Алгоритмизация методов решения нелинейных алгебраических уравнений в современных средах программирования. Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений.

4.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций. Определение состава визуальных элементов управления, формирование перечня необходимых процедур и функций. Вопросы организации пользовательского интерфейса. Особенности алгоритмизации основных вычислительных процедур для решения нелинейных алгебраических уравнений.

4.3. Программирование основных процедур и функций для решения уравнений численными методами. Программирование процедур ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода численных методов решения нелинейных алгебраических уравнений. Программирование процедур представления результатов. Исследование влияния настроек численных методов на скорость решения.

Раздел 5. Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения систем алгебраических уравнений.

5.1. Алгоритмизация методов решения систем линейных и нелинейных уравнений в современных средах программирования. Численные методы решения систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений.

5.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций. Визуализация элементов графического интерфейса для ввода и вывода данных, определение состава процедур и функций для обработки данных. Особенности алгоритмизации численных методов решения систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений.

5.3. Программирование основных процедур и функций для решения систем уравнений численными методами. Программирование процедур ручного и автоматизированного ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода вычислительных процедур для различных численных методов. Использование специализированных библиотек процедур и функций для решения систем уравнений в матричной форме. Программирование процедур представления результатов.

Раздел 6. Программно-алгоритмическая реализация численных методов интегрального и дифференциального исчисления.

6.1. Алгоритмизация методов интегрального и дифференциального исчисления в современных средах программирования. Численные методы решения дифференциальных уравнений и их систем.

6.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций. Выбор стандартных компонентов графического интерфейса, объявление входных и выходных переменных процедур и функций. Разработка интерфейса пользователя. Особенности алгоритмизации численных методов решения дифференциальных уравнений и их систем.

6.3. Особенности программных реализаций задачи Коши и краевой задачи. Программная реализация задачи Коши. Отличительные особенности алгоритмизации и программной реализации краевой задачи.

6.4. Программирование основных процедур и функций для решения систем дифференциальных уравнений. Программирование процедур ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода численных методов решения дифференциальных уравнений и их систем. Программирование процедур представления результатов на экране монитора в табличной и графической формах и сохранения результатов в файл. Исследование влияния настроек численных методов на скорость и точность решения.

6.5. Программирование методов вычисления определённых интегралов. Вычисление определённых интегралов. Особенности программно-алгоритмической реализации численных методов вычисления определённых интегралов. Программирование основных процедур и функций ввода исходных данных, вычисления и представления результатов. Исследование влияния настроек численных методов на скорость и точность решения.

Раздел 7. Программно-алгоритмическая реализация численных методов оптимизации функций одной и нескольких переменных.

7.1. Алгоритмизация решения задач оптимизации функций одной и нескольких переменных. Численные методы оптимизации решения задач одномерной и многомерной оптимизации. Определение типов исходных данных и результатов расчёта при оптимизации. Задание настроек для различных методов.

7.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций. Определение стандартных графических элементов управления программным приложением, формирование перечня необходимых для алгоритмизации процедур и функций. Особенности алгоритмизации численных методов оптимизации функций одной и нескольких переменных.

7.3. Программирование методов оптимизации функций одной и нескольких переменных. Программирование процедур ввода исходных данных. Организация и

оформление программного кода численных методов одномерной и многомерной оптимизации. Программирование процедур представления результатов. Исследование влияния настроек численных методов на скорость решения.

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
Знать:								
1	технические и программные средства разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения задач нанотехнологий;	+						
2	основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием современных сред программирования;		+	+	+	+	+	+
Уметь:								
3	использовать современные среды программирования для решения профессиональных задач;	+	+	+	+	+	+	+
4	формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи нанотехнологий, требующие применения численных методов;		+	+	+	+	+	+
Владеть:								
5	приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач в нанотехнологиях;		+	+	+	+	+	+
6	методами разработки математических моделей и методами содержательной интерпретации полученных результатов.		+	+	+	+	+	+
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-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологий и решать их.	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей		+	+	+	+	+

№	Требования к освоению дисциплины и компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Раздел 7
8	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации.		+	+	+	+	+	+
	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ.							

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	Особенности разработки специализированной библиотеки процедур и функций для выполнения матричных операций	2
2	2	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для интерполирования экспериментальных данных	1
3	3	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для аппроксимации экспериментальных данных	2
4	3	Особенности реализации программно-алгоритмического обеспечения для аппроксимации экспериментальных данных с использованием специализированной библиотеки процедур и функций для выполнения матричных операций	1
5	4	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения нелинейного алгебраического уравнения заданным численным методом	1
6	5	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения системы линейных или нелинейных алгебраических уравнений заданным численным методом	2
7	6	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения системы дифференциальных уравнений заданным численным методом и графического представления результатов	2
8	6	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для вычисления определённого интеграла заданным численным методом	2
9	7	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для оптимизации функции одной или нескольких	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
		переменных заданным численным методом детерминированного поиска	
10	7	Особенности разработки программно-алгоритмического обеспечения для оптимизации функции нескольких переменных заданным численным методом градиентного или случайного поиска	2

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Современные среды программирования для решения задач нанотехнологий», а также дает знания о разработке приложений по решению прикладных задач с использованием интегрированной среды разработки Delphi.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 60 баллов (максимально от 2 до 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

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Разработка специализированной библиотеки процедур и функций для выполнения матричных операций	2
2	2	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для интерполирования экспериментальных данных	4
3	3	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для аппроксимации экспериментальных данных	3
4	3	Реализация программно-алгоритмического обеспечения для аппроксимации экспериментальных данных с использованием специализированной библиотеки процедур и функций для выполнения матричных операций	3
5	4	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для решения нелинейного алгебраического уравнения заданным численным методом	4
6	5	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для решения системы линейных или нелинейных алгебраических уравнений заданным численным методом	4
7	6	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для решения системы дифференциальных уравнений заданным численным методом и графического представления результатов	3
8	6	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для вычисления определённого интеграла заданным численным методом	4
9	7	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для оптимизации функции одной или нескольких переменных заданным численным методом детерминированного поиска	3
10	7	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для оптимизации функции нескольких переменных заданным численным методом градиентного или случайного поиска	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 лабораторного практикума и его сдачу;
- подготовку к сдаче зачета по изучаемой 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

По дисциплине «Современные среды программирования для решения задач наноинженерии» предусмотрены следующие баллы текущего контроля освоения дисциплины:

- Лабораторная работа №1-6 (раздел 1–5) – по 2-4 балла;
 - Лабораторная работа №7-8 (раздел 6) – по 10 баллов;
 - Лабораторная работа №9-10 (раздел 7) – по 10 баллов;
- и итогового контроля освоения дисциплины в форме зачета с оценкой:
- Итоговый зачет по изученному материалу – 40 баллов.

8.1. Примеры лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины

Тема 1. Разработка специализированной библиотеки процедур и функций для выполнения матричных операций

Задача. Разработка специализированной библиотеки процедур и функций для выполнения матричных операций.

Задание. В виде функций, определяемых пользователем, в отдельном специализированном модуле реализовать три матричных операции:

- Обращение матрицы;
- Умножение матриц;
- Транспонирование матрицы.

Тема 2. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для интерполирования экспериментальных данных

Задача. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для интерполирования экспериментальных данных.

Задание. Реализовать возможность проведения линейной интерполяции данных в виде универсального программного приложения, имеющего следующие универсальные возможности:

- Задание неограниченного количества пар данных;
- Загрузка и сохранение исходных данных;
- Графическое представление исходных данных и результатов интерполирования.

Темы 3-4. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для аппроксимации экспериментальных данных

Задача. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для аппроксимации экспериментальных данных.

Задание. Реализовать возможность проведения аппроксимации данных методом наименьших квадратов в виде универсального программного приложения, имеющего следующие универсальные возможности:

- Задание неограниченного количества пар данных;
- Загрузка и сохранение исходных данных;
- Графическое представление исходных данных и результатов аппроксимации.

Тема 5. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для решения нелинейного алгебраического уравнения заданным численным методом

Задача. Разработка программного приложения для решения нелинейного алгебраического уравнения.

В следующей таблице представлены варианты функциональных зависимостей:

№ вар.	Функция
1	$y = a_0 + a_1x + \frac{a_2}{x} + a_3 \sin(a_4x) + a_5 \ln(a_6x)$
2	$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \frac{a_3}{x} + \frac{a_4}{x^2} + a_5 \sin(a_6x)$
3	$y = a_0 + a_1 \sin(a_2x) + a_3 \sin(a_4x^2) + a_5 \exp(a_6x) + a_7 \exp\left(\frac{a_8}{x}\right)$
4	$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3 \ln(a_4x) + a_5 \ln(a_6x^2)$
5	$y = a_0 + a_1x + a_2 \sin(a_3 x) + a_4 \sin(a_5x) + a_6 \sin^2(a_7x)$
6	$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4$
7	$y = a_0 + a_1 \sin(a_2x) + a_3 \sin(a_4x^2) + a_5 \sin(a_6x^3) + a_7 \sin(a_8x^4)$
8	$y = a_0 + a_1 \exp(a_2x) + a_3 \exp(a_4x) + a_5 \exp(a_6x) + a_7 \exp(a_8x)$

№ вар.	Функция
9	$y = a_0 + a_1 \exp(a_2 x) + a_3 \exp(a_4 x) + a_5 \exp(a_6 x^2) + a_7 \exp(a_8 x^2)$
10	$y = a_0 + a_1 \sin(a_2 x) + a_3 \sin(a_4 x) + a_5 \sin(a_6 x) + a_7 \sin(a_8 x^2)$
11	$y = a_0 + a_1 x \cdot \sin(a_2 x) + a_3 x \cdot \sin(a_4 x) + a_5 x + a_6 x^2$
12	$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x \cdot \sin(a_5 x)$
13	$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 \exp(a_4 x) \sin(a_5 x) + a_6 \exp(a_7 x)$
14	$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3^x \sin(a_4 x) + a_5^x \sin(a_6 x^2)$
15	$y = a_0 + a_1 x \cdot \sin(a_2 x) + a_3 x \cdot \sin(a_4 x) + a_5 x \cdot \ln(a_6 x) + a_7 \sin(a_8 x)$

Задание. Разработать интерфейс программного приложения, предназначенного для графической визуализации функции, соответствующей выданному варианту. По графику функции провести исследование: на выбранной области допустимых значений указать количество и определить интервалы локализации нулей функции, максимумов и минимумов. Заданным методом решения нелинейных алгебраических уравнений на выбранном интервале локализации уточнить нуль функции (используя исходную функцию) или экстремум (используя производную исходной функции). Вычисление значений и производных реализовать с использованием процедур или функций, определяемых пользователем. При построении графиков и вычислении значений и производных функций осуществлять проверку аргумента на принадлежность области допустимых значений.

Варианты задания для выполнения лабораторной работы представлены в следующей таблице:

№ вар.	Вариант функции	Вариант метода	№ вар.	Вариант функции	Вариант метода
1	1	1	16	1	4
2	2	2	17	2	1
3	3	3	18	3	2
4	4	4	19	4	3
5	5	1	20	5	4
6	6	2	21	6	1
7	7	3	22	7	2
8	8	4	23	8	3
9	9	1	24	9	4
10	10	2	25	10	1
11	11	3	26	11	2
12	12	4	27	12	3
13	13	1	28	13	4
14	14	2	29	14	1
15	15	3	30	15	2

Варианты методов решения нелинейных алгебраических уравнений:

- 1) половинного деления;
- 2) пропорциональных частей;
- 3) простых итераций;
- 4) касательных (Ньютона).

Тема 6. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для решения системы линейных или нелинейных алгебраических уравнений заданным численным методом

Задача. Разработка программного приложения для решения системы линейных или нелинейных алгебраических уравнений.

Задание. Разработать интерфейс программного приложения, предназначенного для решения системы линейных или нелинейных алгебраических уравнений численным методом, в соответствии с выданным вариантом.

В следующей таблице представлены варианты систем уравнений:

№. вар.	Система уравнений	№. вар.	Система уравнений
1	$\begin{cases} x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 = 1 \\ 3x_1 - x_2 - x_3 - 2x_4 = -4 \\ 2x_1 + 3x_2 - x_3 - x_4 = -6 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 - x_4 = -4 \end{cases}$	6	$\begin{cases} \sin(x_1 + 1) - x_2 = 1.2 \\ 2x_1 + \cos x_2 = 2 \end{cases}$
2	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 - 2x_4 = 6 \\ x_1 - x_2 - 2x_3 - 3x_4 = 8 \\ 3x_1 + 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 4 \\ 5x_1 - 3x_2 + 2x_3 + x_4 = -8 \end{cases}$	7	$\begin{cases} \cos(x_2 + 0.5) + x_1 = 0.8 \\ \sin x_1 - 2x_2 = 1.6 \end{cases}$
3	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 5 \\ 2x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 1 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 + 2x_4 = 1 \\ 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 + x_4 = -5 \end{cases}$	8	$\begin{cases} \cos(x - 1) + 3x = 0.5 \\ 3x_1 - \cos x_2 = 3 \end{cases}$
4	$\begin{cases} x_1 - 3x_3 + 4x_4 = -5 \\ 2x_1 - 2x_3 + 3x_4 = -4 \\ 3x_1 + 2x_2 - 5x_4 = 12 \\ 4x_1 + 3x_2 - 5x_3 = 5 \end{cases}$	9	$\begin{cases} \cos(x_1 + 1.8) + 2x_2 = 0.5 \\ \ln x_1 + \cos x_2 = 0.3 \end{cases}$
5	$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 4x_3 = 11 \\ 3x_1 - x_3 - 2x_4 = -4 \\ 2x_1 + 3x_2 - x_3 - x_4 = 0 \\ x_1 + 5x_3 - x_4 = 2 \end{cases}$	10	$\begin{cases} \cos x_1 + \log_3 x_2 = 1.5 \\ x_1 x_2 + \cos x_2 = 3 \end{cases}$

Варианты методов решения системы линейных алгебраических уравнений:

- 1) Жордана-Гаусса;
- 2) обратной матрицы;
- 3) Гаусса;
- 4) Крамера;
- 5) простых итераций;
- 6) метод Ньютона.

Варианты задания для выполнения лабораторной работы представлены в следующей таблице:

№ вар.	Вариант системы	Вариант метода
1	1	1
2	2	1
3	3	1
4	4	1
5	5	1
6	1	2
7	2	2
8	3	2
9	4	2
10	5	2
11	1	3
12	2	3
13	3	3
14	4	3
15	5	3

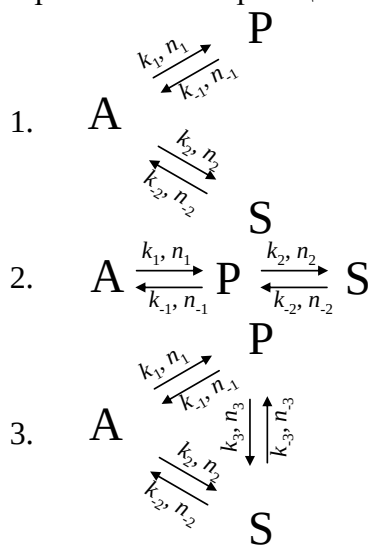
№ вар.	Вариант системы	Вариант метода
16	1	4
17	2	4
18	3	4
19	4	4
20	5	4
21	6	5
22	7	5
23	8	5
24	9	5
25	10	5
26	6	6
27	7	6
28	8	6
29	9	6
30	10	6

Тема 7: Разработка программно-алгоритмического обеспечения для решения системы дифференциальных уравнений заданным численным методом и графического представления результатов

Задача. Разработка программного приложения для моделирования изменения концентрации компонентов реакции.

Задание. Разработать интерфейс программного приложения, предназначенного для представления результатов моделирования изменения концентрации компонентов реакции, протекающей по заданной схеме, в табличном и графическом видах. Составить систему дифференциальных уравнений кинетики химических превращений. Составить систему уравнений для численного решения задачи заданным методом. Провести исследование зависимости точности используемого метода решения от шага интегрирования.

Варианты схемы реакций представлены ниже.



Варианты задания для выполнения лабораторной работы представлены в следующей таблице:

№№ вар.	Вариант метода	Вариант схемы	Вариант задачи
1	1	1	Коши

№№ вар.	Вариант метода	Вариант схемы	Вариант задачи
13	3	1	Коши

№№ вар.	Вариант метода	Вариант схемы	Вариант задачи
2	1	1	Краевая
3	1	2	Коши
4	1	2	Краевая
5	1	3	Коши
6	1	3	Краевая
7	2	1	Коши
8	2	1	Краевая
9	2	2	Коши
10	2	2	Краевая
11	2	3	Коши
12	2	3	Краевая

№№ вар.	Вариант метода	Вариант схемы	Вариант задачи
14	3	1	Краевая
15	3	2	Коши
16	3	2	Краевая
17	3	3	Коши
18	3	3	Краевая
19	4	1	Коши
20	4	1	Краевая
21	4	2	Коши
22	4	2	Краевая
23	4	3	Коши
24	4	3	Краевая

Варианты методов решения задачи:

- 1) Эйлера;
- 2) модифицированный Эйлера;
- 3) Эйлера-Коши;
- 4) Рунге-Кутты 4-го порядка.

Тема 8: Разработка программно-алгоритмического обеспечения для вычисления определённого интеграла заданным численным методом

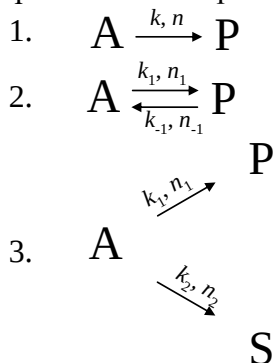
Задача 1. Разработка программного приложения для вычисления количества теплоты, необходимого для нагрева вещества в заданном интервале температур.

Задача 2. Разработка программного приложения для расчёта времени пребывания реакционной массы в изотермическом реакторе идеального смешения периодического действия, необходимого для достижения заданной степени превращения.

Задача 3. Разработка программного приложения для расчёта центра тяжести функциональной зависимости на интервале.

Задание. Разработать интерфейс программного приложения, предназначенного для решения заданного варианта задачи. Предусмотреть возможности визуализации подынтегральной функции и настройки численного метода. Провести исследование влияния настроек численного метода на точность расчёта определённого интеграла.

Варианты схемы реакций для задачи 2 представлены ниже.



Варианты функциональной зависимости для задачи 3:

- 1) $f(x) = a_0 + a_1 \exp(a_2 x) + a_3 \exp(a_4 x)$;
- 2) $f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 \sin(a_4 x)$;
- 3) $f(x) = a_0 + a_1 \sin(a_2 x) \cdot x + a_3 \sin(a_4 x) \cdot x^2$;

$$4) f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4;$$

$$5) f(x) = a_0 + \frac{a_1 \sin(a_2x) \cdot x}{\exp(a_3x)} + a_4x.$$

Варианты методов решения задач:

- 1) средних прямоугольников;
- 2) трапеций;
- 3) парабол.

Варианты задания для выполнения лабораторной работы представлены в следующей таблице:

№ вар.	Вариант задачи	Вариант метода	Вариант схемы	Вариант функции
1	1	1	—	—
2	1	2	—	—
3	2	1	1	—
4	2	1	2	—
5	2	1	3	—
6	2	2	1	—
7	2	2	2	—
8	2	2	3	—
9	2	3	1	—
10	2	3	2	—
11	2	3	3	—
12	3	1	—	1
13	3	1	—	2
14	3	1	—	3
15	3	1	—	4
16	3	1	—	5
17	3	2	—	1
18	3	2	—	2
19	3	2	—	3
20	3	2	—	4
21	3	2	—	5
22	3	3	—	1
23	3	3	—	2
24	3	3	—	3
25	3	3	—	4
26	3	3	—	5

Темы 9-10: решение задач оптимизации функций одной или нескольких переменных

Задача 1. Разработка программного приложения для определения точек максимума и минимума функции одной переменной.

Задача 2. Разработка программного приложения для решения задачи расчёта центра тяжести функциональной зависимости на интервале как задачи оптимизации функции одной переменной.

Задача 3. Разработка программного приложения для определения оптимального распределения времени пребывания реакционной массы по аппаратам каскада изотермических реакторов идеального смешения непрерывного действия.

Задача 4. Разработка программного приложения для подбора оптимального оборудования для каскада поверхностных теплообменников с противотоком теплоносителей.

Задача 5. Разработка программного приложения для параметрической идентификации математического описания результатов эксперимента.

Задание. Разработать интерфейс программного приложения, предусматривающий ввод исходных данных, настройку алгоритма расчёта, реализующего указанные в варианте метод, необходимые вычисления и представление результатов расчёта в соответствии с решаемой задачей. Отрастить ход решения (условия и результаты вычисления критерия оптимальности) в таблице. Выполнить исследование влияния настроек алгоритма расчёта на скорость и точность вычислений.

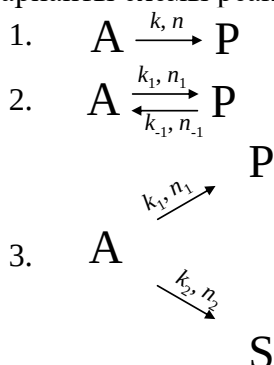
Варианты функциональных зависимостей, используемых в задачах 2, 5:

- 1) $y = a_0 + a_1 \exp(a_2 x) + a_3 \exp(a_4 x)$;
- 2) $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 \sin(a_4 x)$;
- 3) $y = a_0 + a_1 \sin(a_2 x) \cdot x + a_3 \sin(a_4 x) \cdot x^2$;
- 4) $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4$;
- 5) $y = a_0 + \frac{a_1 \sin(a_2 x) \cdot x}{\exp(a_3 x)} + a_4 x$.

Варианты параметров функциональной зависимости, необходимые для решения задачи 1, представлены в следующей таблице:

Параметр	Варианты				
	1	2	3	4	5
a_0	4,52	1,81	3,17	-1,96	0,22
a_1	-1,96	-4,10	3,41	2,99	3,12
a_2	0,38	0,23	-0,23	-0,46	-0,59
a_3	-1,67	-1,54	1,85	3,42	0,31
a_4	-0,32	-0,36	-0,37	-0,29	-0,55

Варианты схемы реакций для задачи 3 представлены ниже.



Варианты методов решения задачи:

- 1) локализации экстремума;
- 2) золотого сечения;
- 3) чисел Фибоначчи;
- 4) поочерёдного изменения переменных;
- 5) сканирования;

- 6) простой симплексный;
- 7) Нелдера-Мида (модифицированный симплексный);
- 8) градиента;
- 9) релаксаций;
- 10) наискорейшего спуска;
- 11) спуска с «наказанием случайностью».

Варианты выборок экспериментальных данных для решения задачи 5 сведены в следующую таблицу:

x	Значения y для вариантов				
	1	2	3	4	5
–10	184,2	12,6	10,4	87,2	–59,1
–7	–10,9	7,9	59,7	76,5	–56,8
–5	–50,4	–3,4	52,0	52,4	–37,7
–3	–46,7	–11,2	30,2	28,3	–17,5
–2	–35,2	–12,3	17,8	18,6	–9,3
1	11,9	–2,8	–13,0	4,8	3,2
5	45,9	21,6	–24,0	17,4	–2,4
6	42,4	23,0	–22,1	21,7	–2,9
9	–2,4	–11,0	–17,9	16,3	19,6
10	–28,2	–42,4	–21,4	2,2	41,5

x	Значения y для вариантов				
	6	7	8	9	10
–9	96,4	14,6	38,1	89,4	–64,1
–8	32,6	12,5	53,7	85,2	–62,7
–6	–37,5	2,2	58,4	65,1	–47,9
–1	–20,3	–11,2	6,0	11,3	–2,9
0	–4,0	–7,9	–4,5	6,7	1,2
2	26,0	3,6	–19,2	5,5	3,2
3	37,0	10,5	–23,0	8,3	1,8
4	43,9	16,9	–24,5	12,6	–0,4
7	33,2	19,4	–19,7	24,1	–0,6
8	18,2	8,8	–17,9	22,9	6,3

Варианты задания для выполнения лабораторной работы представлены далее:

№ вар.	Вариант задачи	Вариант метода	Вариант параметров	Количество аппаратов	Вариант схемы	Вариант зависимости	Вариант выборки
1	1	1	1	–	–	–	–
2	1	2	2	–	–	–	–
3	1	3	3	–	–	–	–
4	2	1	–	–	–	3	–
5	2	2	–	–	–	4	–
6	2	3	–	–	–	5	–
7	3	1	–	2	3	–	–
8	3	2	–	2	1	–	–
9	3	3	–	2	2	–	–
10	3	4	–	3	2	–	–
11	3	5	–	3	3	–	–
12	3	11	–	3	1	–	–
13	4	1	–	2	–	–	–
14	4	3	–	2	–	–	–
15	4	5	–	3	–	–	–
16	4	11	–	4	–	–	–
17	4	8	–	5	–	–	–
18	5	4	–	–	–	4	1
19	5	5	–	–	–	4	2
20	5	6	–	–	–	4	3
21	5	9	–	–	–	4	4
22	5	10	–	–	–	4	5
23	5	8	–	–	–	4	6
24	5	11	–	–	–	4	7

№ вар.	Вариант задачи	Вариант метода	Вариант параметров	Количество аппаратов	Вариант схемы	Вариант зависимости	Вариант выборки
25	5	7	—	—	—	4	8
26	5	9	—	—	—	4	9
27	5	10	—	—	—	4	10

8.2. Примеры теоретических контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой)

1. Приведите общую структуру программного модуля Object Pascal (Delphi).
2. Назначение раздела Unit в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
3. Назначение раздела Interface в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
4. Назначение раздела Const в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
5. Назначение раздела Uses в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
6. Назначение раздела Type в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
7. Назначение раздела Var в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
8. Назначение раздела Implementation в структуре программного модуля Object Pascal (Delphi).
9. Приведите общую структуру процедуры в Object Pascal (Delphi).
10. Приведите общую структуру функции в Object Pascal (Delphi).
11. Назначение раздела Label в структуре процедуры или функции Object Pascal (Delphi).
12. Покажите на примере как использовать метку в процедуре или функции.
13. Для чего используется конструкция begin... end?
14. Как правильно запрограммировать новую процедуру и получить к ней доступ из других процедур?
15. В чем особенность описания констант и переменных, передаваемых через процедуры и функции, определяемые пользователем?
16. Приведите пример описания массива данных в виде константы.
17. Что такое константа в Object Pascal (Delphi)?
18. Чем отличаются друг от друга нетипизированные и типизированные константы?
19. Приведите пример описания нетипизированной константы-числа.
20. Приведите пример описания типизированной константы-числа.
21. Приведите пример описания константы-массива.
22. Чем отличаются глобальные и локальные переменные?
23. К какой группе типов переменных относится boolean?
24. К какой группе типов переменных относится integer?
25. К какой группе типов переменных относится shortint?
26. К какой группе типов переменных относится smallint?
27. К какой группе типов переменных относится byte?
28. К какой группе типов переменных относится word?
29. К какой группе типов переменных относится longword?
30. К какой группе типов переменных относится real?
31. К какой группе типов переменных относится single?
32. К какой группе типов переменных относится double?

33. К какой группе типов переменных относится `extended`?
34. К какой группе типов переменных относится `shortstring`?
35. К какой группе типов переменных относится `string`?
36. Какие значения может принимать переменная `boolean`?
37. Какой тип можно задать переменной, хранящей количество наименований продуктов, и почему?
38. Какой тип можно задать переменной, хранящей массу партии продуктов, и почему?
39. Какой тип можно задать переменной, хранящей наименование продукта, и почему?
40. Какой тип можно задать переменной, содержащей указание на наличие продукта на складе, и почему?
41. Для чего используется тип переменной `textfile`?
42. Как следует правильно описать строковую переменную, максимально возможная, длина которой известна?
43. Как при описании переменной задать значение по умолчанию?
44. Приведите пример использования переменной-строки как массива символов.
45. Что такое массив?
46. Что такое вектор данных?
47. Что такое матрица данных?
48. Приведите пример описания массива-вектора действительных чисел с фиксированным числом элементов.
49. Приведите пример описания массива-матрицы целых чисел с фиксированным числом элементов.
50. Сколько переменных содержит массив `x: array[1..5, 1..3] of real`?
51. В чем особенности использования динамических массивов?
52. Приведите пример описания динамического массива-вектора логических значений.
53. Приведите пример описания динамического массива-вектора действительных чисел.
54. Какая процедура используется для задания количества элементов динамического массива?
55. Какая функция позволяет определить количество элементов вектора данных?
56. Каким образом можно увеличить на один количество элементов динамического вектора данных?
57. Что такое запись в Object Pascal (Delphi)?
58. Приведите пример описания структуры записи в Object Pascal (Delphi).
59. Может ли запись в Object Pascal (Delphi). Содержать массив элементов?
60. Для чего используется функция `Low`?
61. Для чего используется функция `High`?
62. Для чего используется функция `Length`?
63. Для чего используется функция `Mean` при работе с числовыми массивами?
64. Для чего используются функции `MaxValue` и `MaxIntValue` при работе с числовыми массивами? Чем они отличаются?
65. Для чего используются функции `MinValue` и `MinIntValue` при работе с числовыми массивами? Чем они отличаются?
66. Для чего используются функции `Sum` и `SumInt` при работе с числовыми массивами? Чем они отличаются?
67. Для чего используется функция `SumOfSquares` при работе с числовыми массивами?
68. Для чего используется функция `SetLength` при работе с числовыми массивами?

69. Для чего используется функция `SumAndSquares` при работе с числовыми массивами?
70. Какой модуль необходимо подключить в разделе `uses` для использования арифметических процедур и функций с массивами числовых данных?
71. Перечислите условные операторы.
72. В каких случаях используется оператор `If`?
73. В каких случаях используется оператор `Case`?
74. Приведите структуру оператора `If`.
75. Приведите структуру оператора `Case`.
76. Можно ли в операторе `Case` использовать строковые переменные?
77. Перечислите операторы циклов.
78. В каких случаях используется оператор цикла `For`?
79. В каких случаях используется оператор цикла `While`?
80. В каких случаях используется оператор цикла `Repeat until`?
81. Можно ли в операторе `For` использовать действительные значения переменной цикла?
82. Можно ли в операторе `For` выполнить изменение переменной цикла в порядке убывания?
83. Какие Вы знаете команды для работы с циклами?
84. Для чего используется команда `break`?
85. Для чего используется команда `continue`?
86. Для чего используется метод `ProcessMessages` компонента `TApplication`?
87. Для чего используется команда `goto`?
88. Приведите структуру оператора `For`.
89. Приведите структуру оператора `While`.
90. Приведите структуру оператора `Repeat until`.
91. Для чего используется процедура `AssignFile`?
92. Для чего используется процедура `Append`?
93. Для чего используется процедура `Reset`?
94. Для чего используется процедура `Rewrite`?
95. Для чего используется процедура `CloseFile`?
96. Для чего используется процедура `Rename`?
97. Для чего используются процедуры `Read` и `Readln`?
98. Для чего используются процедуры `Write` и `Writeln`?
99. В чем отличие между процедурами `Read` и `Readln`?
100. В чем отличие между процедурами `Write` и `Writeln`?
101. Как правильно использовать процедуры записи данных в текстовый файл, если нужно добавить информацию в конец файла, но не известно, существует ли этот файл?
102. Для чего используется функция `Eof`?
103. Для чего используется функция `Eoln`?
104. Для чего используется функция `FileExists`?
105. Назначение функции `Abs`.
106. Назначение функции `Tan`.
107. Назначение функции `Int`.
108. Назначение функции `Round`.
109. В чем заключается разница между функциями `Int` и `Round`?
110. Назначение функции `DegToRad`.
111. Назначение функции `RadToDeg`.
112. Назначение функции `Exp`.

113. Назначение функции Ln.
114. Назначение функции Log10.
115. Назначение функции LogN.
116. Назначение функции Power.
117. Назначение функции Frac.
118. Назначение функции Hypot.
119. Назначение функции Sqr.
120. Назначение функции Sqrt.
121. Назначение функции AnsiLowerCase.
122. Назначение функции AnsiUpperCase.
123. Назначение функции AnsiPos.
124. Назначение функции Concat.
125. Назначение функции Copy.
126. Как можно заменить функцию Concat в Object Pascal (Delphi).
127. Назначение функции Delete при работе со строками.
128. Назначение функции Insert при работе со строками.
129. Назначение функции Length при работе со строками.
130. Назначение функции Trim.
131. Назначение функции TrimLeft.
132. Назначение функции TrimRight.
133. Как преобразовать строку в целое число?
134. Как преобразовать строку в действительное число?
135. Как преобразовать целое число в строку?
136. Как преобразовать действительное число в строку?
137. Для чего нужна и как используется процедура Str?
138. Как можно определить десятичный разделитель, установленный в операционной системе?
139. Назначение функции ShowMessage.
140. Назначение процедуры Randomize.
141. Назначение функции Random.
142. Назначение процедуры Sleep.
143. Назначение функции GetCurrentDir.
144. За что отвечает свойство Visible визуальных компонентов?
145. За что отвечает свойство Enabled визуальных компонентов?
146. За что отвечает свойство Name визуальных компонентов?
147. За что отвечает свойство Caption визуальных компонентов?
148. За что отвечает свойство Text визуальных компонентов?
149. За что отвечает свойство Align визуальных компонентов?
150. За что отвечают свойства Height и Width визуальных компонентов?
151. За что отвечают свойства Left и Top визуальных компонентов?
152. За что отвечает свойство Font визуальных компонентов?
153. За что отвечает свойство Color визуальных компонентов?
154. Родительские и дочерние элементы управления.
155. Каково назначение компонента-формы?
156. Каково назначение компонента-панели?
157. Может ли панель являться одновременно родительским и дочерним элементом управления? Когда?
158. Каково назначение компонента **TSplitter**?

159. В каком порядке следует располагать две панели и разделитель, который должен менять соотношение размеров этих панелей? Какие значения присваиваются свойству `Align` каждой панели?

160. Можно ли панель расположить на другой панели?

161. Каково назначение компонента **TCheckBox**?

162. Каково назначение компонента **TRadioButton**?

163. Каково назначение компонента **TRadioGroup**?

164. В чем отличие опций **TCheckBox** и **TRadioButton**?

165. Назначение свойства `checked` компонента опции?

166. Каково назначение компонента **TComboBox**?

167. Какой метод используется для добавления строки в конец списка?

168. Какой метод используется для вставки в указанную позицию списка?

169. Какой метод используется для удаления строки из списка?

170. Какой метод используется для очистки списка?

171. Каково назначение компонента **TStringGrid**?

172. Назначение свойства `ColCount` компонента-таблицы.

173. Назначение свойства `RowCount` компонента-таблицы.

174. Назначение свойства `Col` компонента-таблицы.

175. Назначение свойства `Row` компонента-таблицы.

176. Назначение свойства `ColWidth` компонента-таблицы.

177. Назначение свойства `RowHeight` компонента-таблицы.

178. Назначение свойства `DefaultColWidth` компонента-таблицы.

179. Назначение свойства `DefaultRowHeight` компонента-таблицы.

180. Назначение свойства `Cells` компонента-таблицы.

181. Назначение свойства `Cols` компонента-таблицы.

182. Назначение свойства `Rows` компонента-таблицы.

183. Как правильно поместить значение числовой переменной в ячейку таблицы **TStringGrid**?

184. Как правильно передать значение ячейки таблицы **TStringGrid** числовой переменной?

185. Значения какого типа данных хранятся в ячейках таблицы **TStringGrid**?

186. Приведите пример описания функции, определяемой пользователем.

187. Приведите пример описания процедуры, определяемой пользователем.

188. Когда целесообразно использовать процедуры и функции, определяемые пользователем?

189. В чем разница между процедурами и функциями, определяемыми пользователем?

190. Для чего нужна переменная `Result` при работе с функциями, определяемыми пользователем?

191. Как обратиться к серии данных при использовании компонента **TChart**?

192. Каково назначение компонента **TChart**?

193. Для чего необходимо очищать серии данных перед началом процедуры построения графика?

194. Какой метод используется для добавления точки с заданными координатами на график?

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

8.3. Примеры практических контрольных заданий для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой)

1. Разработать функцию, переводящую действительное число, введённое в поле ввода с произвольным десятичным разделителем (точкой или запятой), в форму действительного числа с десятичным разделителем, установленным в текущей операционной системе.
2. Разработать программу, позволяющую вывести в текстовой форме значение действительного числа прописью по заданному значению числа в цифровой форме из пределов $[0, 29]$ с точностью до двух десятичных знаков.
3. По нажатию кнопки «Создать» программа должна случайным образом сгенерировать массив действительных чисел в интервале $[-10, 10]$ с точностью 0,01 и вывести их в первую колонку таблицы. По нажатию кнопки «Округлить» программа должна округлить числа, представленные в первой колонке, с точностью до 0,1 и вывести их во вторую колонку таблицы.
4. Разработать программу, тестирующую знания школьника об элементарных арифметических действиях. Программа должна предлагать тестируемому четыре вопроса-примера (сложение, вычитание, умножение, деление). Числа в примерах должны быть целыми и генерироваться случайно. Ответы в примерах также должны быть целыми. Программа должна оценить знания отвечающего по пятибалльной шкале.
5. Написать калькулятор, рассчитывающий радиус наночастиц по известным значениям удельной поверхности и плотности вещества. Пример задачи: Порошок диоксида титана имеет удельную поверхность $110 \text{ м}^2/\text{г}$. Считая, что порошок состоит из сферических частиц одного и того же размера, рассчитайте их радиус. Плотность TiO_2 равна 3.6 г/см^3 .
6. Разработать программу, позволяющую сохранить в текстовый файл протокол расчета из предыдущей задачи, включая исходные данные и результат. Текст задачи прикладывается.
7. Построить N графиков функции вида $y = a \cdot \exp(b \cdot x) + c \cdot \exp(d \cdot x)$, где один из коэффициентов (a , b , c или d), выбираемый пользователем, изменяется в пределах $[V1, V2]$. График строится в пределах $[-10, 10]$. Значения N , $V1$, $V2$ и постоянные коэффициенты задаются пользователем, $N \leq 10$.
8. В выбранном текстовом файле дано описание метода Брюста-Шифрина по синтезу наночастиц золота. Рассчитать количество раз, которое встречается определённая буква (задаётся пользователем, регистр не учитывать), и определить количество гласных и согласных букв, пробелов и знаков пунктуации.
9. Монослой графита – двумерную сетку правильных шестиугольников из атомов углерода – называют графеном. Рассчитайте массу графенового квадрата размером $10 \times 10 \text{ мм}$. Длину связи C–C в графите найдите в справочной литературе.
10. В два текстовых файла записаны результаты измерения температуры вещества при проведении лабораторного эксперимента. Определить количество совпадений чисел в одинаковых позициях в файлах.
11. Разработать программу, демонстрирующую графически в режиме реального времени изменение значений отношения количества раз случайной генерации каждого из чисел $[0, 9]$ к количеству попыток генерации нового случайного числа. Новое число должно генерироваться, а соответствующие изменения должны отображаться на диаграмме или графике каждые 0.5 секунды.
12. Представить на графике функцию, заданную в виде таблицы в текстовом файле. Определить глобальные максимум и минимум функции и её среднее арифметическое значение.
13. В полях ввода ввести два числа и выбрать одно из арифметических действий (сложение, вычитание, умножение или деление) над ними. Результат отобразить в третьем

поле ввода. В текстовом поле собирать последовательно все решённые примеры. Накопленную в текстовом поле информацию сохранить в текстовый файл.

14. Построить диаграмму, показывающую, как изменялась температура раствора хлорида фенилдиазония при его нагревании до полного прекращения выделения пузырьков азота. Данные хранятся в текстовом файле.

15. Оцените, сколько атомов цинка входит в состав одного наностержня диаметром 20 нм и длиной 1 мм, выращенного для применения в нанолазере, если известно, что плотность оксида цинка равна 5.75 г/см^3 . Создать приложение с возможностью задания размеров наностержня и их количества.

16. Оцените число атомов в наночастице золота диаметром 3 нм. Радиус атома Au составляет 0.144 нм. Реализовать приложение с возможностью задания размера наночастицы.

17. Определить количество строк и столбцов матрицы действительных чисел, записанной в виде таблицы в текстовый файл. Перенести записанную информацию в таблицу в программе, при этом для каждого числа оставить только два знака после десятичного разделителя.

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

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Билет для зачета с оценкой формируется из 4 случайных теоретических вопросов из вышеуказанного банка контрольных вопросов. Каждый из них оценивается в 5 баллов. И из одного случайного практического контрольного задания из вышеуказанного банка практических контрольных заданий, который оценивается в 20 баллов. Максимальный суммарный результат за итоговый зачет по изученному материалу дисциплины составляет 40 баллов.

Пример билета к зачету с оценкой №1:

«Утверждаю»
зав. кафедрой

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА
КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ДИСЦИПЛИНА «СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НАНОИНЖЕНЕРИИ»
НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 28.04.02 НАНОИНЖЕНЕРИЯ
МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА «МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ
НАНОИНЖЕНЕРИИ»

БИЛЕТ К ЗАЧЕТУ С ОЦЕНКОЙ №6

1. Назначение раздела `Type` в структуре программного модуля **Object Pascal (Delphi)**. (5 баллов)
2. К какой группе типов переменных относится `word`? (5 баллов)
3. Приведите структуру оператора `While`. (5 баллов)
4. Назначение функции `TrimRight`. (5 баллов)
5. Построить N графиков функции вида $y = a \cdot \exp(b \cdot x) + c \cdot \exp(d \cdot x)$, где один из коэффициентов (a, b, c или d), выбираемый пользователем, изменяется в пределах [V1, V2]. График строится в пределах [-10, 10]. Значения N, V1, V2 и постоянные коэффициенты задаются пользователем, $N \leq 10$. (20 баллов)

Пример билета к зачету с оценкой №2:

«Утверждаю»
зав. кафедрой

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА
КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ДИСЦИПЛИНА «СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НАНОИНЖЕНЕРИИ»
НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 28.04.02 НАНОИНЖЕНЕРИЯ
МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА «МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ
НАНОИНЖЕНЕРИИ»

БИЛЕТ К ЗАЧЕТУ С ОЦЕНКОЙ №9

1. Приведите общую структуру процедуры в **Object Pascal (Delphi)**. (5 баллов)
2. К какой группе типов переменных относится `single`? (5 баллов)
3. Приведите структуру оператора `Case`. (5 баллов)
4. Назначение функции `TrimLeft`. (5 баллов)
5. Разработать программу, демонстрирующую графически в режиме реального времени изменение значений отношения количества раз случайной генерации каждого из чисел [0, 9] к количеству попыток генерации нового случайного числа. Новое число должно генерироваться, а соответствующие изменения должны отображаться на диаграмме или графике каждые 0,5 секунды. (20 баллов)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература

1. Разработка приложений баз данных: учеб. пособие / А. М. Сверчков, П. Г. Михайлова. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2017 – 146 с.

Б) Дополнительная литература

1. Разработка программного обеспечения с использованием современных языков и сред программирования: учеб. пособие/ С. П. Дударов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2008. – 112 с.

2. Программирование и численные методы в задачах химической технологии. Лабораторный практикум: учеб. пособие/ С. П. Дударов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. – 108 с.

3. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: Учеб. пособие для вузов/ Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. – М.: «Академкнига», 2008. – 415 с.

4. Ачкасов, В.Ю. Введение в программирование на Delphi [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Ю. Ачкасов. — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 295 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100698>. — Загл. с экрана.

5. Санников, Е.В. Курс практического программирования в Delphi. Объектно-ориентированное программирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Санников. — Электрон. дан. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2013. — 188 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/64955>. — Загл. с экрана.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖУРНАЛЫ

- «Программные продукты и системы», ISSN (печатное издание) – 0236-235X, ISSN (электронное издание) – 2311-2735;
- «Вестник компьютерных и информационных технологий», ISSN – 1810-7206;
- «Информационные технологии и вычислительные системы», ISSN – 2071-8632;
- «Системы управления и информационные технологии» ISSN – 1729-5068;
- «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
- «Системы и средства информатики», ISSN (печатное издание) – 0869-6527, ISSN (электронное издание) – 2311-0325;
- «Информационные системы и технологии», ISSN – 2072-8964;
- «Прикладная информатика», ISSN – 1993-8313;
- «Российские нанотехнологии», ISSN (печатное издание) 1992-7223 ISSN (электронное издание) 1992-4068;
- «Нанотехнологии: разработка, применение — XXI век». ISSN 2225-0980;
- «Nature Nanotechnology». ISSN (печатное издание) – 1748-3387, ISSN (электронное издание) – 1748-3395;
- «Nanotoday». ISSN (печатное издание) – 1748-0132, ISSN (электронное издание) – 1748-0132;
- Журнал «RSDN» (Russian Software Developer Network), ISSN – 0234-6621, и другие.

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

- Мастера DELPHI. Русскоязычный каталог Delphi ресурсов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.delphimaster.ru (дата обращения: 15.04.2024);
- Форум программистов и сисадминов Киберфорум. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.cyberforum.ru (дата обращения: 15.04.2024);
- Источники DELPHI. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.delphisources.ru (дата обращения: 15.04.2024);
- Документация и книги по программированию [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.helloworld.ru (дата обращения: 15.04.2024);
- Delphi basics. Справочник. Основы Delphi. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.delphibasics.ru (дата обращения: 15.04.2024).

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

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

- компьютерные классы на 17 посадочных мест с предустановленным базовым программным обеспечением, в том числе с возможностью подключения к сети Интернет;
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число теоретических вопросов – 194, практических заданий – 40).

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:

- тематическая группа в социальной сети Вконтакте, доступ к групповым чатам (Вконтакте), к вебинарам (webinar.ru, zoom.us), онлайн-конференции в Skype или Яндекс Телемост.

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 01.01.2024 составляет 1 559 436 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 «Современные среды программирования для решения задач нанотехнологий» 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 17 компьютерами (2 для работы преподавателей, 15 для работы студентов) и 1 выделенный сервер.

Для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием, имеющая 8 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.

Для реализации информационно-образовательных ресурсов дисциплин вариативной части программы 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.

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

На кафедре КХТП для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.4.

При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях или при проведении лабораторных работ на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к проведению лабораторных работ; 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.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

При выполнении лабораторного практикума по дисциплине используется специализированное программное обеспечение:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	Microsoft Windows 7 Pro	Microsoft Open License Номер лицензии 47837475	20	Бессрочно
2	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License Номер лицензии 61068797	1	Бессрочно
3	Lazarus (открытая среда разработки программного обеспечения)	Бесплатное ПО	Не ограничено	Не ограничен
4	Delphi 11.3 Alexandria	Бесплатно для некоммерческого использования	Не ограничено	Бессрочно
5	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Договор № 99-155ЭА-223/2024	20	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

6	PCУБД FireBird версия 3	Свободно-распространяемое ПО	Не ограничено	Не ограничен
7	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	20 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Общие принципы разработки программно-алгоритмического обеспечения в современных средах программирования	Знает: – технические и программные средства разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения задач нанотехнологий; Умеет: – использовать современные среды программирования для решения профессиональных задач.	Оценка за лабораторную работу №1 Оценка за зачет
Раздел 2. Программно-алгоритмическая реализация численных методов интерполирования экспериментальных данных	Знает: – основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием современных сред программирования; Умеет: – использовать современные среды программирования для решения профессиональных задач; – формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи нанотехнологий, требующие применения численных методов; Владеет: – приемами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач в нанотехнологии; – методами разработки математических моделей и методами	Оценка за лабораторную работу №2 Оценка за зачет

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	содержательной интерпретации полученных результатов.	
Раздел 3. Программно-алгоритмическая реализация численных методов аппроксимации экспериментальных данных	Знает: – основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием современных сред программирования; Умеет: – использовать современные среды программирования для решения профессиональных задач; – формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи наноинженерии, требующие применения численных методов; Владеет: – приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач в наноинженерии; – методами разработки математических моделей и методами содержательной интерпретации полученных результатов.	Оценка за лабораторную работу №3-4 Оценка за зачет
Раздел 4. Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения нелинейных алгебраических уравнений	Знает: – основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием современных сред программирования; Умеет: – использовать современные среды программирования для решения профессиональных задач; – формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи наноинженерии, требующие применения численных методов; Владеет: – приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач в наноинженерии; – методами разработки математических моделей и методами	Оценка за лабораторную работу №5 Оценка за зачет

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	содержательной интерпретации полученных результатов.	
Раздел 5. Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения систем алгебраических уравнений	Знает: – основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием современных сред программирования; Умеет: – использовать современные среды программирования для решения профессиональных задач; – формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи наноинженерии, требующие применения численных методов; Владеет: – приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач в наноинженерии; – методами разработки математических моделей и методами содержательной интерпретации полученных результатов.	Оценка за лабораторную работу №6 Оценка за зачет
Раздел 6. Программно-алгоритмическая реализация численных методов интегрального и дифференциального исчислений	Знает: – основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием современных сред программирования; Умеет: – использовать современные среды программирования для решения профессиональных задач; – формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи наноинженерии, требующие применения численных методов; Владеет: – приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач в наноинженерии; – методами разработки математических моделей и методами	Оценка за лабораторную работу №7-8 Оценка за зачет

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	содержательной интерпретации полученных результатов.	
Раздел 7. Программно-алгоритмическая реализация численных методов оптимизации функций одной и нескольких переменных	Знает: – основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием современных сред программирования; Умеет: – использовать современные среды программирования для решения профессиональных задач; – формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи наноинженерии, требующие применения численных методов; Владеет: – приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач в наноинженерии; – методами разработки математических моделей и методами содержательной интерпретации полученных результатов.	Оценка за лабораторную работу №9-10 Оценка за 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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);
- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;
- 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 «Современные среды программирования для решения
задач нанотехнологий»
основной образовательной программы высшего образования – программы
магистратуры
по направлению подготовки 28.04.02 «Нанотехнологии»
Магистерская программа «Материалы и технологии нанотехнологий»
Квалификация – магистр
Форма обучения – очная

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

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ

**«Учебная практика: Практика по получению первичных
профессиональных умений и навыков»**

Направление подготовки – 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

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 «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии», с рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом проведения практики кафедрой кибернетики химико-технологических процессов (КХТП) РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к обязательной части учебного плана блока «Практика» и рассчитана на проведение практики в 1 семестре обучения.

Цель практики – получение обучающимся первичных профессиональных умений и навыков, связанных согласно выбранному типу задач профессиональной деятельности (научно-исследовательский и инновационный) с научно-исследовательской работой в области наноинженерии и нанотехнологий, включая формирование умений в постановке целей и задач научного исследования; приобретение навыков работы с научно-технической литературой, в том числе с патентной, получение практических умений и навыков использования современных математических методов, моделей, информационных и программных средств, лабораторного оборудования и приборов для решения задач профессиональной деятельности; формирование умений в области представления, обработки и оформления полученных результатов; формирование компетенций для последующего самостоятельного осуществления научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия.

Задачи практики:

- формирование у обучающихся первичного представления об организации научно-исследовательской деятельности и системе управления научными исследованиями;
- ознакомление с методологическими основами и практическое освоение приемов организации, планирования, проведения и обеспечения научно-исследовательской деятельности;
- приобретение навыков работы с научно-технической литературой, в том числе с патентной;
- сбор информации и подготовка исходных данных для проведения практических исследований в рамках научно-исследовательской работы магистранта;
- получение знаний и навыков по методике постановки эксперимента в области наноинженерии;
- обучение практическим навыкам использования современного программного обеспечения для решения задач моделирования, оптимизации и управления процессами наноинженерии;
- формирование умений в области представления, обработки и оформления полученных в ходе эксперимента результатов;
- развитие у обучающихся личностно-профессиональных качеств исследователя.

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 критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач
Коммуникация	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Знает методы и технологии коммуникации для академического и профессионального взаимодействия на государственном и иностранном языках УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т.д.)

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Научные исследования и разработки	ОПК-1. Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и новых междисциплинарных направлений на основе естественнонаучных и математических моделей	ОПК-1.1 Знает основные приёмы и методы обработки экспериментальной информации и построения математических моделей ОПК-1.2 Умеет использовать приемы и методы обработки экспериментальной информации и построения математических моделей для решения инженерных и научно-технических задач в области профессиональной деятельности

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
		ОПК-1.3 Владеет математическим аппаратом для описания, анализа и моделирования процессов нанотехнологий
Профессиональная методология	ОПК-4. Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов	ОПК-4.1 Знает методы планирования и постановки сложных экспериментов и исследований в области профессиональной деятельности ОПК-4.2 Умеет представлять результаты своей исследовательской деятельности, в том числе формировать демонстрационный материал по результатам исследований ОПК-4.3 Владеет навыками оценки и интерпретации результатов исследований
Инженерная и технологическая подготовка	ОПК-7. Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области наноинженерии	ОПК-7.1 Знает типы научно-технической документации в области профессиональной деятельности и правила их разработки ОПК-7.2 Умеет использовать техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области технологии и методов диагностики наноматериалов ОПК-7.3 Владеет опытом составления отчетов по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями

В результате прохождения практики студент магистратуры должен:

Знать:

- порядок организации и проведения научных и практических исследований с использованием современных методов и технологий;
- функциональные возможности универсального и специализированного программного обеспечения для решения практических задач научных исследований в области наноинженерии;
- основные разновидности наноматериалов, их свойства, области применения наноматериалов, методы исследований и испытаний 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;

- использовать современные приборы и методики по профилю программы магистратуры, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты;

- применять теоретические знания, полученные при изучении естественно-научных дисциплин, для анализа экспериментальных данных;

- составлять отчеты по результатам научного исследования.

Владеть:

- навыками изучения научно-технической информации по профилю программы магистратуры;

- способами и приемами сбора, подготовки и анализа экспериментальных данных по тематике научно-практических исследований;

- средствами компьютерной техники для подготовки и систематизации результатов практических исследований.

3. ОБЪЕМ ПРАКТИКИ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Практика организуется в 1 семестре магистратуры на базе знаний, полученных студентами при изучении дисциплин направления подготовки 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
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,89	68	51
в том числе в форме практической подготовки	1,89	68	51
Практические занятия (ПЗ)	1,89	68	51
в том числе в форме практической подготовки	1,89	68	51
Самостоятельная работа	1,11	40	30
в том числе в форме практической подготовки	1,11	40	30
Контактная самостоятельная работа	1,11	0,4	0,3
Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе практики		39,6	29,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

Ознакомление с методологическими основами научно-исследовательской деятельности, историей становления и развития объекта практических исследований в соответствии с выбранной темой, современными методиками анализа и исследования свойств объекта практических исследований, основами работы на соответствующем лабораторном и технологическом оборудовании, универсальным и специализированным программным обеспечением, используемом при изучении и моделировании свойств объекта практических исследований.

Посещение и ознакомление с организацией работы научно-исследовательских лабораторий, специализирующихся на анализе свойств наноструктурированных объектов.

Посещение тематических выставок и научных конференций.

Ознакомление с перспективными научными разработками в области наноинженерии в соответствии с выбранной темой.

Подготовка отчета о прохождении практики.

4.1. Разделы практики

Разделы	Наименование раздела	Объем раздела, акад. ч.		
		ПЗ	СР	Итого
Раздел 1	Изучение объекта практического исследования научно-исследовательской работы магистранта	16	15	31
Раздел 2	Проведение лабораторных исследований или вычислительных экспериментов, обработка результатов исследований (в соответствии с конкретным индивидуальным заданием магистранта)	48	15	63
Раздел 3	Подготовка и оформление отчета по практике	4	10	14
	Всего часов	68	40	108

4.2. Содержание разделов практики

Раздел 1. Изучение объекта практического исследования научно-исследовательской работы магистранта.

Ознакомление с методологическими основами научно-исследовательской деятельности и этикой взаимоотношений в научно-исследовательском коллективе. Ознакомление с актуальными современными направлениями научных исследований в области нанотехнологий. Получение опыта в определении приоритетов собственной научно-исследовательской деятельности. Выбор темы научных исследований и обоснование её актуальности.

Анализ истории становления и развития объекта практических исследований в соответствии с выбранной темой. Ознакомление с современными методиками анализа и исследования свойств объекта практических исследований, основами работы на соответствующем лабораторном и технологическом оборудовании. Ознакомление с перспективными научными разработками в соответствии с выбранной темой.

Раздел 2. Проведение лабораторных исследований или вычислительных экспериментов, обработка результатов исследований (в соответствии с конкретным индивидуальным заданием магистранта).

Получение опыта в составлении планов экспериментов и выбора методов их анализа и обработки. Изучение и использование современных методик исследования, характеристик оборудования, установок. Изучение универсального и специализированного программного обеспечения, используемого при изучении и моделировании свойств и характеристик объекта практических исследований. Получение опыта в обосновании выбора комплекса программных средств для решения практических задач научно-исследовательской работы. Приобретение и закрепление навыков подготовки исходных данных для компьютерного моделирования, в том числе, на основе изучения нормативно-методических документов объекта исследований, поиска информации в базах данных и на официальных сайтах предприятий, организаций, информационно-библиотечных систем и др. Систематизация полученных результатов.

Раздел 3. Подготовка и оформление отчета по практике.

Ознакомление с требованиями, предъявляемыми к написанию и представлению отчета. Описание и систематизация результатов, полученных в ходе ознакомления с объектом практических исследований, изучения его свойств, характеристик, методов анализа и моделирования, ознакомления с источниками научно-технической информации о современном состоянии исследований в соответствии с выбранной темой, изучения нормативно-методических документов объекта исследований, выполнения индивидуального задания, связанного с проведением лабораторных исследований или вычислительных экспериментов. Подведение итогов и составление выводов по работе. Подготовка и оформление отчета.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

№	В результате прохождения практики студент должен:	Раздел			
		1	2	3	
	Знать:				
1	порядок организации и проведения научных и практических исследований с использованием современных методов и технологий	+	+		
2	функциональные возможности универсального и специализированного программного обеспечения для решения практических задач научных исследований в области наноинженерии		+		
3	основные разновидности наноматериалов, их свойства, области применения наноматериалов, методы исследований и испытаний наноматериалов	+	+	+	
4	теоретические основы и методы математического моделирования нанопроцессов и наносистем		+		
	Уметь:				
5	осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий	+	+	+	
6	использовать современные приборы и методики по профилю программы магистратуры, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты		+	+	
7	применять теоретические знания, полученные при изучении естественнонаучных дисциплин, для анализа экспериментальных данных		+	+	
8	составлять отчеты по результатам научного исследования			+	
	Владеть:				
9	навыками изучения научно-технической информации по профилю программы магистратуры	+	+		
10	способами и приемами сбора, подготовки и анализа экспериментальных данных по тематике научно-практических исследований		+	+	
11	средствами компьютерной техники для подготовки и систематизации результатов практических исследований			+	
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			
12	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации	+	+	+
		УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке	+	+	

№	В результате прохождения практики студент должен:	Раздел		
		1	2	3
	УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач	+	+	
13	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Знает методы и технологии коммуникации для академического и профессионального взаимодействия на государственном и иностранном языках	+	
		УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные		+
		УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т.д.)	+	+
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК		
14	ОПК-1. Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области наноинженерии и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей	ОПК-1.1 Знает основные приёмы и методы обработки экспериментальной информации и построения математических моделей		+
		ОПК-1.2 Умеет использовать приемы и методы обработки экспериментальной информации и построения математических моделей для решения инженерных и научно-технических задач в области профессиональной деятельности		+
		ОПК-1.3 Владеет математическим аппаратом для описания, анализа и моделирования процессов нанотехнологий		+
15	ОПК-4. Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов	ОПК-4.1 Знает методы планирования и постановки сложных экспериментов и исследований в области профессиональной деятельности	+	+
		ОПК-4.2 Умеет представлять результаты своей исследовательской деятельности,		+

№	В результате прохождения практики студент должен:	Раздел		
		1	2	3
	в том числе формировать демонстрационный материал по результатам исследований			
	ОПК-4.3 Владеет навыками оценки и интерпретации результатов исследований		+	+
16	ОПК-7. Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области нанотехнологий	ОПК-7.1 Знает типы научно-технической документации в области профессиональной деятельности и правила их разработки	+	+
		ОПК-7.2 Умеет использовать техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области технологии и методов диагностики наноматериалов	+	+
		ОПК-7.3 Владеет опытом составления отчетов по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями		+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Предусмотрены практические занятия обучающегося в магистратуре в объеме 68 акад. ч. Практические занятия состоят в получении обучающимся первичных профессиональных умений и навыков в плане выполнения научно-исследовательской работы по индивидуальной тематике и консультаций с научным руководителем.

№	№ раздела практики	Темы практических занятий	Часы
1	1	Методологические основы научно-исследовательской деятельности; этика взаимоотношений в научно-исследовательском коллективе; основные правила техники безопасности в научно-исследовательской лаборатории	2
2	1	Актуальные современные направления научных исследований в области нанотехнологий	2
3	1	Анализ истории становления и развития объекта практических исследований в соответствии с выбранной темой	4
4	1	Современные методики анализа и исследования свойств объекта практических исследований, основы работы на соответствующем лабораторном и технологическом оборудовании	4
5	1	Ознакомление с перспективными научными разработками в соответствии с выбранной темой	4

№	№ раздела практики	Темы практических занятий	Часы
6	2	Постановка индивидуального задания; составление плана экспериментальных исследований в рамках практики	4
7	2	Изучение и использование современных методик исследования, характеристик оборудования, установок; изучение универсального и специализированного программного обеспечения, используемого при изучении и моделировании свойств и характеристик объекта практических исследований; проведение экспериментальных исследований	36
8	2	Анализ, обработка и систематизация результатов экспериментальных исследований	8
9	3	Требования к написанию и представлению отчета по практике; подведение итогов практики; составление выводов по итогам выполнения индивидуального задания	4

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по практике не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью закрепления знаний по практике и предусматривает:

- этапы ознакомления с методологическими основами научно-исследовательской деятельности, историей становления и развития объекта практических исследований в соответствии с выбранной темой, современными методиками анализа и исследования свойств объекта практических исследований, нормативно-методической документацией объекта исследований, основами работы на соответствующем лабораторном и технологическом оборудовании, универсальным и специализированным программным обеспечением, используемым при изучении и моделировании свойств объекта практических исследований;

- этап практического освоения конкретного лабораторного оборудования и/или специализированного программного обеспечения в ходе выполнения индивидуального задания.

Ознакомление с объектом практических исследований, его свойствами, методами анализа, получения, моделирования и пр. осуществляется путём изучения источников научно-технической информации, включая современные публикации в научных изданиях и нормативно-методическую документацию, а также посещения тематических выставок и научных конференций, консультаций со специалистами в данной области. Регламент самостоятельной работы в рамках практики определяется и устанавливается в соответствии с конкретной темой научно-исследовательской работы обучающегося.

Основу содержания самостоятельной работы обучающегося при прохождении практики составляет освоение методов разработки планов и программ проведения практических научных исследований по изучению объекта исследования, приобретение практических навыков организации научно-исследовательской работы с учётом интересов и возможностей кафедры или организации, где она проводится. Программа практики включает также выполнение индивидуального задания, которое разрабатывается руководителем практики или руководителем научно-исследовательской работы обучающегося с учетом специфики научно-исследовательской работы кафедры.

При прохождении практики обучающийся должен использовать совокупность форм и методов самостоятельной работы:

- посещение научных семинаров кафедры (проблемной лаборатории, научной группы);
- изучение методик анализа и систематизации научно-технической информации, разработки планов и программ проведения научных исследований;
- знакомство с опытно-экспериментальной базой кафедр (проблемной лаборатории, научной группы);
- самостоятельное изучение рекомендуемой литературы.

По итогам сбора материала об объекте практических исследований и выполнения учебного индивидуального задания обучающийся должен подготовить отчет по практике, включающий следующие разделы:

- актуальность выбранной темы практических исследований;
- историческую справку об объекте практических исследований, развитии научных представлений о нём, развитии способов изучения и анализа его свойств;
- современные представления об объекте практических исследований; перспективы научных и технических разработок на его основе;
- основы работы на соответствующем лабораторном и технологическом оборудовании, включая правила техники безопасности;
- основы работы с универсальным и специализированным программным обеспечением, используемым при изучении и моделировании свойств объекта практических исследований;
- постановку индивидуального задания и план экспериментальных исследований на лабораторном или вычислительном оборудовании;
- проведение экспериментальных исследований в рамках индивидуального учебного задания; анализ, обработка и систематизация результатов экспериментальных исследований;
- выводы по проделанной в рамках практики учебной научно-исследовательской работе.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Итоговая оценка по практике «Учебная практика: Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков» (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. Примеры оценочных средств текущего контроля знаний

Примерный перечень тем учебной научно-исследовательской работы в рамках практики:

1. Разработка и тестирование новых заданий для лабораторных работ и практических занятий по дисциплинам направлений 28.03.02 и 28.04.02.
2. Получение и исследование пленок для офтальмологии.
3. Поверхностная модификация лазерно-синтезированных наночастиц для биомедицины.
4. Разработка программного комплекса для исследования характеристик нанопористых каналов.
5. Анализ и моделирование процесса ароматизации бутана на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов.
6. Исследование биоразложения н-дибутилфталата клетками, покрытыми магнитными наночастицами.
7. Анализ и моделирование процесса получения легких алкенов из метанола на

нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов.

8. Получение комплексов антител с различными нанодисперсными маркерами и их применение в иммунохроматографических системах контроля пищевых токсикантов.

9. Моделирование процесса селективного гидрирования ацетиленов в ацетилен-этиленовых смесях на Pd-содержащих нанокатализаторах.

10. Моделирование процесса дегидрирования пропана на Pt-содержащих нанокатализаторах.

11. Моделирование кинетики блочной радиальной сополимеризации стирола с акрилатом кобальта в процессе получения кобальтосодержащего нанокомпозита.

12. Моделирование и визуализация средствами Компас-3D гидродинамики в наноструктурах.

13. Исследование особенностей применения исполнительных устройств для управления процессами на наноуровне.

14. Исследование процесса гибели микроорганизмов в средах с наночастицами металлов.

15. Математическое моделирование и исследование закономерностей процесса синтеза углеродных нанотрубок методом CVD на различных катализаторах.

16. Разработка программных комплексов для тестирования студентов по методикам анализа качества наноматериалов согласно требованиям государственных стандартов в области наноиндустрии.

17. Моделирование процесса гидродинамики в многофлюидном элементе.

18. Моделирование процесса получения металлсодержащего полимерного нанокомпозита на основе метилметакрилата.

19. Анализ и моделирование процесса получения металлсодержащего нанокомпозита на основе структуры блок-сополимеров стирола.

20. Исследование процесса получения наночастиц серебра биологическим способом.

21. Моделирование процесса получения пропилена на высокоэффективных нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов типа MFI.

22. Исследование активности, селективности и стабильности цеолитных нанокатализаторов в реакции депарафинизации углеводородного сырья.

23. Разработка алгоритмов и программного приложения для расчета надежности комбинированных структур в наноинженерии.

24. Моделирование процесса дегидратации метанола на нанокатализаторах на основе высококремнистых алюмосиликатных композиций.

25. Исследование теплопроводности нанодисперсий оксидов металлов, углеродных нанотрубок.

26. Исследование и оптимизация процесса приготовления суспензии оксида магния на этиловом спирте с использованием планетарной мельницы PM 100.

27. Разработка информационной базы сенсоров на основе наноструктур золота.

28. Исследование способов управления потоком жидкости в нанофлюидных каналах.

29. Разработка и анализ опыта использования образовательных ресурсов для дисциплины «Методы диагностики и измерений в наноинженерии».

30. Анализ и моделирование процесса получения легких алкенов из метанола на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов типа ZSM-5.

Конкретное содержание индивидуального задания по практике в рамках выбранной темы учебной научно-исследовательской работы может быть соотнесено с:

1) сбором и систематизацией материалов по тематике учебной научно-исследовательской работы с использованием отечественных и международных библиотечных систем;

- 2) проведением лабораторных или практических экспериментов с использованием современных методик и средств по тематике учебной научно-исследовательской работы;
- 3) проведением компьютерных экспериментов с использованием универсального и специализированного программного обеспечения по тематике учебной научно-исследовательской работы;
- 4) тестированием программных комплексов и баз данных, разрабатываемых в рамках научно-исследовательской и учебной работы кафедры;
- 5) освоением новых программных модулей, комплексов программных средств по тематике научных исследований и учебной деятельности кафедры в рамках данного направления подготовки;
- 6) подготовкой тезисов докладов или научной статьи по тематике учебной научно-исследовательской работы;
- 7) разработкой иллюстративного материала в форме постера или презентации по тематике учебной научно-исследовательской работы;
- 8) участием в научных мероприятиях от кафедры и факультета (выставки, семинары, конференции, научные доклады и т.п.).

8.2. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитическая работа в рамках практики «Учебная практика: Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков» как самостоятельная единица фонда оценочных средств не предусмотрена. Однако такая работа может рассматриваться как составляющая часть подготовки отчёта по практике, посвящённая ознакомлению с источниками научно-технической информации о современном состоянии исследований в соответствии с выбранной темой, изучению нормативно-методических документов объекта исследований, поиску и систематизации информации в базах данных и на официальных сайтах предприятий, организаций, информационно-библиотечных систем и т.д. Тематика такой реферативно-аналитической работы будет соответствовать тематике учебной научно-исследовательской работы в рамках практики в целом. Конкретный список типов источников научно-технической информации будет определяться в зависимости от выбора объекта практических исследований и постановки индивидуального задания.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения практики (зачёт с оценкой)

1. История становления и развития объекта практических исследований.
2. Основные физико-химические свойства объекта практических исследований и современные методики их измерения (исследования).
3. Основные нормативные требования к объекту практических исследований, современные методики диагностики и испытаний.
4. Основные правила техники безопасности при работе с объектом практических исследований.
5. Современные методы получения, хранения и исследования свойств объекта практических исследований.
6. Оборудование, необходимое для получения объекта практических исследований.
7. Программное обеспечение, используемое для изучения и моделирования свойств и характеристик объекта практических исследований.
8. Современное состояние исследований в мировом научном сообществе в отношении объекта практических исследований; перспективы дальнейшего развития научных исследований.
9. Формулировка цели и методология составления плана научных исследований в рамках практики согласно индивидуальному заданию.
10. Выбор методов исследования объекта практических исследований в рамках практики согласно индивидуальному заданию.

11. Методика проведения экспериментов согласно индивидуальному заданию.
12. Основные результаты выполнения индивидуального задания.
13. Методы анализа и обработки экспериментальных исследований.
14. Общие принципы поиска, обработки и анализа научно-технической информации с применением Интернет-технологий.
15. Требования к оформлению учебных научно-исследовательских и выпускных квалификационных работ.
16. Методологические подходы к организации и проведению научно-исследовательских работ; специфика научно-исследовательской деятельности в высшем учебном заведении.
17. Основные правила этики взаимоотношений в научно-исследовательском коллективе.
18. Актуальные современные направления научных исследований в области нанотехнологий.
19. Требования к организации лабораторных научно-исследовательских работ и учебных практикумов с использованием программного обеспечения.
20. Типовая структура научной публикации; методология поиска необходимой информации в научной статье.

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 практике включает 2 контрольных вопроса, каждый из которых оценивается максимально в 20 баллов.

Пример билета к зачёту с оценкой:

"Утверждаю"
Зав. каф. КХТП
Глебов М.Б.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
28.04.02 Нанотехнологии
Магистерская программа –

«__» ____ 20__ г.

«Материалы и технологии нанотехнологий»

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА: ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ

БИЛЕТ № 1

1. История становления и развития объекта практических исследований.
2. Методика проведения экспериментов согласно индивидуальному заданию.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Рыжков И. Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2013. 224 с.
2. Требования к оформлению выпускных квалификационных (дипломных) и курсовых работ: 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. Филипова 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. Дорохов И.Н. Инженерное творчество и инновационный менеджмент в химии и химической технологии. Лабораторный практикум: учеб. пособие / И.Н. Дорохов. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. 76 с.

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.
- «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://mustr.ru/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Электронная Информационно-Образовательная Среда (ЭИОС) РХТУ им. Д.И. Менделеева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eios.mustr.ru/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Официальный сайт «Центр коллективного пользования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.skr-rf.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями темами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thesaurus.rusnano.com/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Наномир – интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.miracle-uni.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Нанометр – нанотехнологическое сообщество. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanometer.ru/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Официальный сайт «Аэрогели» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aerogel-russia.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanojournal.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Информационный портал RusNanoNet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- 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: 5.04.2024).

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.

Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ составляет на 01.01.2024 года 1 559 436 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 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 «Учебная практика: Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков» проводится в форме практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

13.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 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, 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.

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

На кафедре КХТП для организации практики имеются в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями 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.

13.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП для реализации практики используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к лабораторным и практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки. Указанные материалы могут использоваться магистрантами для самостоятельной подготовки к проведению эксперимента, обработке экспериментальных данных, компьютерному моделированию. Печатные и электронные материалы, представленные в соответствии с программами прохождения практик предприятиями и организациями, содержащими описания технологических процессов, оборудования, средств контроля и автоматизации и др.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для магистрантов, 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.

13.4. 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

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Изучение объекта практического исследования научно-исследовательской работы магистранта	Знает: – порядок организации и проведения научных и практических исследований с использованием современных методов и технологий; основные разновидности наноматериалов, их свойства, области применения наноматериалов, методы исследований и испытаний наноматериалов. Умеет: – осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий. Владеет: – навыками изучения научно-технической информации по профилю программы магистратуры.	Оценка за отчет по практике. Оценка при сдаче зачета с оценкой.
Раздел 2. Проведение лабораторных исследований или вычислительных экспериментов, обработка результатов исследований (в соответствии с конкретным индивидуальным заданием магистранта)	Знает: – порядок организации и проведения научных и практических исследований с использованием современных методов и технологий; функциональные возможности универсального и специализированного программного обеспечения для решения практических задач научных исследований в области нанотехнологий; основные разновидности наноматериалов, их свойства, области применения наноматериалов, методы исследований и испытаний наноматериалов; теоретические основы и методы математического моделирования нанопроцессов и наносистем. Умеет: – осуществлять поиск, обработку и анализ	Оценка за отчет по практике. Оценка при сдаче зачета с оценкой.

Наименование разделов практики	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий; использовать современные приборы и методики по профилю программы магистратуры, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты; применять теоретические знания, полученные при изучении естественнонаучных дисциплин, для анализа экспериментальных данных. Владеет: – навыками изучения научно-технической информации по профилю программы магистратуры; способами и приемами сбора, подготовки и анализа экспериментальных данных по тематике научно-практических исследований.	
Раздел 3. Подготовка и оформление отчета по практике	Знает: – основные разновидности наноматериалов, их свойства, области применения наноматериалов, методы исследований и испытаний наноматериалов. Умеет: – осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий; использовать современные приборы и методики по профилю программы магистратуры, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты; применять теоретические знания, полученные при изучении естественнонаучных дисциплин, для анализа экспериментальных данных; составлять отчеты по результатам научного исследования. Владеет: – способами и приемами сбора, подготовки и анализа экспериментальных данных по тематике научно-практических исследований; средствами компьютерной техники для подготовки и систематизации результатов практических исследований.	Оценка за отчет по практике.

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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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 __.__.20__, протокол № __, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от __.__.20__ № __;

- 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

«Учебная практика: Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков»

основной образовательной программы

28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа –
«Материалы и технологии наноинженерии»
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.
4		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5		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»

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ

«Производственная практика: научно-исследовательская работа»

Направление подготовки – 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

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 «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии», 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 2 «Практика» учебного плана. Программа рассчитана на проведение практики во 2, 3 и 4 семестрах обучения.

Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области квантовой химии, физики твёрдого тела, нанометрологии, материаловедения наноматериалов и наносистем, основ создания нанообъектов и наноструктурированных материалов, планирования и организации проведения эксперимента, технологий получения наноматериалов и изделий из них, моделирования нанопроцессов и наносистем, молекулярной биофизики и бионанотехнологии, методов нелинейной динамики в нанопроцессах, современных информационных технологий.

Цель практики – формирование необходимых компетенций для осуществления научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия.

Задачами практики являются:

- приобретение опыта организации самостоятельной и коллективной научно-исследовательской работы;
- приобретение навыков анализа и систематизации научно-технической информации, планирования и выполнения научно-исследовательской работы;
- развитие и закрепление теоретических знаний, полученных обучающимся во время изучения дисциплин по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, путем непосредственного участия в научно-исследовательской работе;
- обработка, систематизация и интерпретация научных результатов;
- составление отчетов о результатах научно-исследовательской работы;
- публичное представление результатов научно-исследовательской работы;
- совершенствование умений и навыков научно-исследовательской работы в области наноинженерии путем самостоятельного творческого выполнения задач, поставленных программой практики;
- развитие у обучающихся личностно-профессиональных качеств ученого-исследователя.

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 критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач
Коммуникация	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Знает методы и технологии коммуникации для академического и профессионального взаимодействия на государственном и иностранном языках УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т.д.)

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				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологий и решать их	ПК-1.1. Знает современные методы, используемые при проведении научных исследований в нанотехнологии и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы	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 С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
			ПК-1.2. Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности	
			ПК-1.3. Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных	– методы исследований, испытаний,	ПК-2. Готов к анализу и систематизации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-

исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	деятельности и методики анализа явлений и процессов	конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
			ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	
			ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов нанотехнологий	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей эффективности в своей профессиональной деятельности	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 С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного
			ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	

применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.		ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
– Планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации. – Участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий	– Методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе. – Наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 593н. Обобщенная трудовая функция D: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)

– Планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации. – Участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий	– Методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе. – Наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники. – Технологическое и контрольно-диагностическое оборудование для процессов нанотехнологий.	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий нанотехнологий ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопродукции ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий	Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.02.2014 № 72н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования. Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования.

В результате прохождения практики студент магистратуры должен:

Знать:

- методологию и методики научных исследований;
- теоретические предпосылки планирования и проведения экспериментов, в том числе компьютерных вычислений;
- фундаментальные законы физических, физико-химических, биотехнологических и других явлений и процессов и их математическое описание;
- способы обработки результатов измерений.

Уметь:

- отбирать и анализировать необходимую научно-техническую информацию по тематике научно-исследовательской работы;
- формулировать цель и задачи исследований;
- обосновывать теоретические предпосылки, планировать и проводить лабораторные эксперименты и вычислительные эксперименты с использованием специализированного программного обеспечения;
- обрабатывать результаты измерений и оценивать погрешности;
- сопоставлять результаты эксперимента с теоретическими предпосылками и формулировать выводы научного исследования;
- интерпретировать результаты вычислительных экспериментов на основе знания фундаментальных законов явлений и процессов;
- составлять отчеты, доклады или готовить статьи по результатам научного исследования.

Владеть:

- способами постановки целей и задач исследований;
- навыками разработки плана научного исследования;
- методами обработки результатов экспериментов, расчета погрешностей;
- методами интерпретации полученных результатов, сопоставлением их с литературными или производственными данными;
- приемами формулирования научных выводов;
- навыками написания тезисов докладов, статей и составления докладов с использованием современного компьютерного обеспечения.

3. ОБЪЕМ ПРАКТИКИ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Практика проводится в 2-4 семестрах магистратуры на базе знаний, полученных студентами при изучении дисциплин направления подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии».

Контроль освоения студентами материала практики осуществляется путем проведения зачета с оценкой во 2 и 3 семестрах и экзамена в 4 семестре.

Вид учебной работы	Объем практики		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость практики	25	900	675
Контактная работа – аудиторные занятия:	13,58	489	366,75
в том числе в форме практической подготовки	13,58	489	366,75
Практические занятия (ПЗ):	13,58	489	366,75
в том числе в форме практической подготовки	13,58	489	366,75
Самостоятельная работа (СР):	10,42	375	281,25
в том числе в форме практической подготовки	10,42	375	281,25

Контактная самостоятельная работа	10,42	0,8	0,6
Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе практики		374,2	280,65
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой / Экзамен		
В том числе по семестрам:			
2 семестр			
Общая трудоемкость практики по учебному плану	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,89	68	51
в том числе в форме практической подготовки	1,89	68	51
Практические занятия (ПЗ):	1,89	68	51
в том числе в форме практической подготовки	1,89	68	51
Самостоятельная работа (СР):	1,11	40	30
в том числе в форме практической подготовки	1,11	40	30
Контактная самостоятельная работа	1,11	0,4	0,3
Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе практики		39,6	29,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		
3 семестр			
Общая трудоемкость практики по учебному плану	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	2,36	85	63,75
в том числе в форме практической подготовки	2,36	85	63,75
Практические занятия (ПЗ):	2,36	85	63,75
в том числе в форме практической подготовки	2,36	85	63,75
Самостоятельная работа (СР):	1,64	59	44,25
в том числе в форме практической подготовки	1,64	59	44,25
Контактная самостоятельная работа	1,64	0,4	0,3
Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе практики		58,6	43,95
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		
4 семестр			
Общая трудоемкость практики по учебному плану	18	648	486
Контактная работа – аудиторные занятия:	9,33	336	252
в том числе в форме практической подготовки	9,33	336	252
Практические занятия (ПЗ):	9,33	336	252
в том числе в форме практической подготовки	9,33	336	252
Самостоятельная работа (СР):	7,67	276	207
в том числе в форме практической подготовки	7,67	276	207
Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе практики	7,67	276	207
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 ПРАКТИКИ

4.1. Разделы практики и виды занятий

Раздел	Наименование раздела	Академ. часов		
		Всего	ПЗ	СР
1	Составление аналитического литературного обзора по теме исследования.	36	20	16
2	Постановка цели и задач исследования. Проведение экспериментальных и расчетно-экспериментальных исследований.	56	40	16
3	Подготовка отчета по практике по итогам 2-го семестра.	16	8	8
	Всего часов во 2-м семестре	108	68	40
4	Разработка методик исследования.	49	30	19
5	Проведение экспериментальных и расчетно-экспериментальных исследований.	75	45	30
6	Подготовка отчета по практике по итогам 3-го семестра.	20	10	10
	Всего часов в 3-м семестре	144	85	59
7	Проведение экспериментальных и расчетно-экспериментальных исследований. Формулирование научных выводов.	472	266	206
8	Оформление материалов исследования, подготовка отчета по практике.	140	70	70
	Всего часов в 4-м семестре	612	336	276
	Всего часов во 2, 3 и 4-м семестрах	864	489	375
	Экзамен	36		
	Всего часов	900		

4.2. Содержание разделов практики

Раздел 1. Составление аналитического литературного обзора по теме исследования.

Выбор темы исследования. Обоснование актуальности темы. Поиск и проработка литературы из всех доступных источников за определенный (согласованный с руководителем) период времени. Анализ литературы и составление литературного обзора по теме научно-исследовательской работы.

Раздел 2. Постановка цели и задач исследования. Проведение экспериментальных и расчетно-экспериментальных исследований.

Формулирование цели исследования (какой результат предполагается получить) и постановка задачи исследования (что делать – теоретически и экспериментально). Описание экспериментальных стендов и установок для проведения исследований. Отработка методик исследований, изучение методик определения погрешностей экспериментальных данных. Планирование эксперимента, проведение эксперимента, анализ и интерпретация результатов, выводы и заключения. Приобретение навыков работы со специализированным программным обеспечением для проведения компьютерных вычислительных экспериментов по теме научно-исследовательской работы.

Раздел 3. Подготовка отчета по практике по итогам 2-го семестра.

Подготовка отчета и презентации результатов научно-исследовательской работы по итогам 2-го семестра. Написание тезисов докладов и статей; участие в конференции обучающихся факультета цифровых технологий и химического инжиниринга (ЦиТХИн).

Раздел 4. Разработка методик исследования.

Обзор текущей литературы по каталогам электронных библиотек. Проработка литературы, необходимой для интерпретации результатов исследования. Составление методик исследования и их отработка. Написание проекта методической (теоретической) главы ВКР, содержащей характеристики объектов исследования, методики определения этих характеристик и методики проведения экспериментов.

Раздел 5. Проведение экспериментальных и расчетно-экспериментальных исследований.

Калибровка приборов, отладка экспериментальных стендов. Проведение экспериментальных исследований, анализ и интерпретация результатов. Определение характеристик объектов исследования. Проведение компьютерных вычислительных экспериментов. Сопоставление полученных результатов с данными научных источников из литературы, объяснение закономерностей, обнаруженных в процессе исследования. Интерпретация результатов компьютерного моделирования. Выявление и формулирование новизны полученных результатов. Формулировка рекомендаций к использованию результатов на практике.

Раздел 6. Подготовка отчета по практике по итогам 3-го семестра.

Подготовка отчета и презентации результатов научно-исследовательской работы по итогам 3-го семестра. Написание тезисов докладов и статей.

Раздел 7. Проведение экспериментальных и расчетно-экспериментальных исследований. Формулирование научных выводов.

Проведение экспериментов на завершающем этапе научных исследований, окончательный анализ результатов. Интерпретация полученных зависимостей и корреляций. Расчетно-экспериментальная проверка предложенных гипотез. Формулирование выводов и заключений, в которых тезисно, по порядку выполнения задач, излагаются результаты всего исследования.

Раздел 8. Оформление материалов исследования, подготовка отчета по практике.

Подготовка итогового отчета по результатам научно-исследовательской работы. Оформление результатов научно-исследовательской работы в виде проектов разделов в ВКР. Подготовка презентации и доклада по итогам научно-исследовательской работы. Написание тезисов докладов и статей.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

№	В результате прохождения практики студент должен:	Раздел							
		1	2	3	4	5	6	7	8
	<i>Знать:</i>								
1	методологию и методики научных исследований	+	+		+	+		+	
2	теоретические предпосылки планирования и проведения экспериментов, в том числе компьютерных вычислений		+			+		+	
3	фундаментальные законы физических, физико-химических, биотехнологических и других явлений и процессов и их математическое описание	+	+			+		+	
4	способы обработки результатов измерений		+		+	+		+	
	<i>Уметь:</i>								
5	отбирать и анализировать необходимую научно-техническую информацию по тематике научно-исследовательской работы	+	+		+	+		+	+
6	формулировать цель и задачи исследований	+	+						
7	обосновывать теоретические предпосылки, планировать и проводить лабораторные эксперименты и вычислительные эксперименты с использованием специализированного программного обеспечения		+			+		+	
8	обрабатывать результаты измерений и оценивать погрешности		+			+		+	
9	сопоставлять результаты эксперимента с теоретическими предпосылками и формулировать выводы научного исследования		+	+		+	+	+	+
10	интерпретировать результаты вычислительных экспериментов на основе знания фундаментальных законов явлений и процессов		+	+		+	+	+	+
11	составлять отчеты, доклады или готовить статьи по результатам научного исследования			+			+		+
	<i>Владеть:</i>								
12	способами постановки целей и задач исследований	+	+						
13	навыками разработки плана научного исследования		+		+	+			
14	методами обработки результатов экспериментов, расчета погрешностей		+			+		+	
15	методами интерпретации полученных результатов, сопоставлением их с литературными или производственными данными		+	+	+	+	+	+	+
16	приемами формулирования научных выводов			+			+	+	+
17	навыками написания тезисов докладов, статей и составления докладов с использованием современного компьютерного обеспечения			+			+		+

№	В результате прохождения практики студент должен:		Раздел							
			1	2	3	4	5	6	7	8
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								
18	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации	+			+				
		УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке		+		+	+			
		УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач		+		+	+			
19	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Знает методы и технологии коммуникации для академического и профессионального взаимодействия на государственном и иностранном языках	+		+			+		+
		УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные			+			+		+
		УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т.д.)	+		+	+		+		+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК								
20	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологии и решать их	ПК-1.1. Знает современные методы, используемые при проведении научных исследований в нанотехнологии и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы		+		+	+		+	
		ПК-1.2. Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности		+		+	+		+	
		ПК-1.3. Владеет приёмами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов		+	+	+	+	+	+	+

№	В результате прохождения практики студент должен:		Раздел							
			1	2	3	4	5	6	7	8
21	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов		+		+	+		+	
		ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	+	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	+			+				
22	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов nanoиндустрии	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей эффективности в своей профессиональной деятельности	+	+		+				
		ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов		+			+		+	
		ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности		+		+	+		+	
23	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров	+			+				
		ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием		+			+		+	
		ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур		+			+		+	
24	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопроductии, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий nanoиндустрии	+	+		+	+		+	
		ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопроductии		+		+	+		+	
		ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий		+			+		+	

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки магистров по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии» предусмотрено проведение практических занятий по практике в объеме 489 акад. часов. Практические занятия состоят в выполнении обучающимся 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 п. 8.1 настоящей программы.

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки магистров по направлению 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии» проведение лабораторных занятий по практике не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

На практику учебным планом выделено 375 акад. часов (281,25 астр. часов) самостоятельной работы.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний обучающегося и предусматривает:

- ознакомление и проработку литературы по теме научно-исследовательской работы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;

- проведение экспериментальных исследований по теме научно-исследовательской работы;

- регулярную обработку полученных результатов;

- подготовку отчетов по итогам выполнения практики во 2-м, 3-м и 4-м семестрах;

- подготовку к зачетам с оценкой во 2-м и 3-м семестрах.

При выполнении научно-исследовательской работы обучающийся должен использовать совокупность форм и методов самостоятельной работы:

- посещение научных семинаров и конференций по тематике научно-исследовательской работы;

- изучение методик анализа и систематизации научно-технической информации, разработки планов и программ проведения научных исследований;

- знакомство с деятельностью научных и научно-производственных организаций отрасли в форме экскурсий;

- самостоятельное изучение рекомендуемой литературы.

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 во 2-м и 3-м семестрах и в форме экзамена в 4-м семестре.

Комплект оценочных средств может быть использован в каждом из трёх семестров.

8.1. Примерный перечень тем научно-исследовательских работ

1. Разработка и тестирование новых заданий для лабораторных работ и практических занятий по дисциплинам направлений 28.03.02 и 28.04.02.
2. Получение и исследование пленок для офтальмологии.
3. Поверхностная модификация лазерно-синтезированных наночастиц для биомедицины.
4. Разработка программного комплекса для исследования характеристик нанофлюидных каналов.
5. Анализ и моделирование процесса ароматизации бутана на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов.
6. Исследование биоразложения н-дibuтилфталата клетками, покрытыми магнитными наночастицами.
7. Анализ и моделирование процесса получения легких алкенов из метанола на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов.
8. Получение комплексов антител с различными нанодисперсными маркерами и их применение в иммунохроматографических системах контроля пищевых токсикантов.
9. Моделирование процесса селективного гидрирования ацетиленовых смесей на Pd-содержащих нанокатализаторах.
10. Моделирование процесса дегидрирования пропана на Pt-содержащих нанокатализаторах.
11. Моделирование кинетики блочной радиальной сополимеризации стирола с акрилатом кобальта в процессе получения кобальтосодержащего нанокompозита.
12. Моделирование и визуализация средствами Компас-3D гидродинамики в наноструктурах.
13. Исследование особенностей применения исполнительных устройств для управления процессами на наноуровне.
14. Исследование процесса гибели микроорганизмов в средах с наночастицами металлов.
15. Математическое моделирование и исследование закономерностей процесса синтеза углеродных нанотрубок методом CVD на различных катализаторах.
16. Разработка программных комплексов для тестирования студентов по методикам анализа качества наноматериалов согласно требованиям государственных стандартов в области наноиндустрии.
17. Моделирование процесса гидродинамики в многофлюидном элементе.
18. Моделирование процесса получения металлосодержащего полимерного нанокompозита на основе метилметакрилата.
19. Анализ и моделирование процесса получения металлосодержащего нанокompозита на основе структуры блок-сополимеров стирола.
20. Исследование процесса получения наночастиц серебра биологическим способом.
21. Моделирование процесса получения пропилена на высокоэффективных

нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов типа MFI.

22. Исследование активности, селективности и стабильности цеолитных нанокатализаторов в реакции депарафинизации углеводородного сырья.

23. Разработка алгоритмов и программного приложения для расчета надежности комбинированных структур в наноинженерии.

24. Моделирование процесса дегидратации метанола на нанокатализаторах на основе высококремнистых алюмосиликатных композиций.

25. Исследование теплопроводности нанодисперсий оксидов металлов, углеродных нанотрубок.

26. Исследование и оптимизация процесса приготовления суспензии оксида магния на этиловом спирте с использованием планетарной мельницы РМ 100.

27. Разработка информационной базы сенсоров на основе наноструктур золота.

28. Исследование способов управления потоком жидкости в нанофлюидных каналах.

29. Разработка и анализ опыта использования образовательных ресурсов для дисциплины «Методы диагностики и измерений в наноинженерии».

30. Анализ и моделирование процесса получения легких алкенов из метанола на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов типа ZSM-5.

8.2. Примеры вопросов для текущего контроля освоения практики

Контрольные работы (собеседования) проводятся в форме устного опроса по теме научно-исследовательской работы в каждом из трёх семестров. Максимальная оценка за каждую контрольную работу (собеседование) – 20 баллов.

Контрольная работа (собеседование) № 1.

Максимальная оценка – 20 баллов.

- Представление программы научного исследования.
- Основные достижения науки и производства по теме исследования.
- Актуальность выполняемой работы.
- Обоснование выбора и характеристика применяемых методов исследования.
- Предполагаемые научные и практические результаты выполняемого исследования.

Контрольная работа (собеседование) № 2.

Максимальная оценка – 20 баллов.

- Контроль выполнения программы научно-исследовательской работы.
- Анализ аналитического обзора по теме исследования.
- Необходимость корректировки темы и методов выполняемого исследования.
- Анализ полученных научных результатов.
- Представление результатов экспериментов или математического моделирования.

Контрольная работа (собеседование) № 3.

Максимальная оценка – 20 баллов.

- Соответствие содержания отчета программе исследования.
- Качество оформления отчета.
- Содержание презентации научно-исследовательской работы.

8.3. Итоговый контроль освоения практики (зачёт с оценкой, экзамен)

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой (2 семестр) – 40 баллов, за зачёт с оценкой (3 семестр) – 40 баллов, за экзамен (4 семестр) – 40 баллов.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения практики (2 семестр – зачёт с оценкой)

Билет включает контрольные вопросы по разделам 1–3 рабочей программы и содержит 2 вопроса, каждый из которых оценивается максимально в 20 баллов.

1. Обоснование актуальности темы научно-исследовательской работы.
2. История становления и развития объекта исследования научно-исследовательской работы.
3. Основные физико-химические свойства объекта исследования научно-исследовательской работы и современные методики их измерения (исследования, диагностики).
4. Основные нормативные требования к объекту исследования научно-исследовательской работы, современные методики диагностики и испытаний.
5. Основные правила техники безопасности при работе с объектом исследования научно-исследовательской работы.
6. Современные методы получения, хранения и исследования свойств объекта исследования научно-исследовательской работы.
7. Оборудование, необходимое для получения объекта исследования научно-исследовательской работы.
8. Современное состояние исследований в мировом научном сообществе в отношении объекта исследования научно-исследовательской работы; перспективы дальнейшего развития научных исследований.
9. Формулировка цели и методология составления плана научных исследований в рамках практики в соответствии с темой научно-исследовательской работы.
10. Выбор методов исследования (диагностики свойств, испытания технических характеристик на соответствия нормативным требованиям) объекта исследования научно-исследовательской работы в рамках практики.
11. Методика проведения экспериментов в соответствии с темой научно-исследовательской работы.
12. Методы анализа и обработки экспериментальных исследований.
13. Общие принципы поиска, обработки и анализа научно-технической информации с применением Интернет-технологий.
14. Типовая структура научной публикации; методология поиска необходимой информации в научной статье.
15. Методологические подходы к организации и проведению научно-исследовательских работ; специфика научно-исследовательской деятельности в высшем учебном заведении.
16. Актуальные современные направления научных исследований в области наноинженерии.
17. Методика планирования эксперимента в наноинженерии.
18. Цели, формы и приемы защиты объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности.
19. Общие принципы организации проведения экспериментов и испытаний в наноинженерии.
20. Требования к оформлению результатов научно-исследовательских работ.

8.3.2. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения практики (3 семестр – зачёт с оценкой)

Билет включает контрольные вопросы по разделам 4–6 рабочей программы и содержит 2 вопроса, каждый из которых оценивается максимально в 20 баллов.

1. Обоснование актуальности темы научно-исследовательской работы.
2. Предполагаемая научная новизна и практическая значимость результатов научно-исследовательской работы.

3. История становления и развития объекта исследования научно-исследовательской работы.
4. Основные нормативные требования к объекту исследования научно-исследовательской работы, современные методики диагностики и испытаний.
5. Основные физико-химические свойства объекта исследования научно-исследовательской работы и современные методики их измерения (исследования, диагностики).
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. Выбор методов исследования (диагностики свойств, испытания технических характеристик на соответствия нормативным требованиям) объекта исследования научно-исследовательской работы в рамках практики.
12. Методика проведения экспериментов в соответствии с темой научно-исследовательской работы.
13. Основные предварительные результаты выполнения научно-исследовательской работы.
14. Сопоставление полученных результатов с данными научных источников из литературы, объяснение закономерностей, обнаруженных в процессе исследования.
15. Требования к организации научно-исследовательских работ с использованием программного обеспечения; основные виды программного обеспечения, используемого для исследований и моделирования в нанотехнологиях.
16. Общие принципы организации проведения экспериментов и испытаний в соответствии с темой научно-исследовательской работы.
17. Методика планирования эксперимента в соответствии с темой научно-исследовательской работы.
18. Формы апробации результатов научно-исследовательских работ.
19. Цели, формы и приемы защиты объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности.
20. Требования к оформлению результатов научно-исследовательских работ.

8.3.3. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения практики (4 семестр – экзамен)

Билет включает контрольные вопросы по разделам 1–8 рабочей программы и содержит 2 вопроса, каждый из которых оценивается максимально в 20 баллов.

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 методология составления плана 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. Сопоставление полученных результатов с данными научных источников из литературы, объяснение закономерностей, обнаруженных в процессе выполнения научно-исследовательской работы в рамках практики.

16. Общие принципы организации проведения экспериментов и испытаний в нанотехнологии в соответствии с темой научно-исследовательской работы.

17. Формулировка выводов и заключений по итогам выполнения научно-исследовательской работы в рамках практики.

18. Формы апробации результатов научно-исследовательских работ.

19. Цели, формы и приемы защиты объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности.

20. Методы анализа и обработки экспериментальных исследований.

21. Общие принципы поиска, обработки и анализа научно-технической информации с применением Интернет-технологий.

22. Типовая структура научной публикации; методология поиска необходимой информации в научной статье.

23. Актуальные современные направления научных исследований в области нанотехнологии.

24. Требования к организации научно-исследовательских работ с использованием программного обеспечения; основные виды программного обеспечения, используемого для исследований и моделирования в нанотехнологии.

25. Методологические подходы к организации и проведению научно-исследовательских работ в нанотехнологии.

26. 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 примеры билетов для зачёта с оценкой (2 и 3 семестры) и экзамена (4 семестр)

Зачёт с оценкой (2 и 3 семестры) и экзамен (4 семестр) по практике включают по 2 контрольных вопроса, каждый из которых оценивается максимально в 20 баллов.

Примеры билетов к зачёту с оценкой (2 и 3 семестры) и к экзамену (4 семестр):

"Утверждаю"
Зав. каф. КХТП
Глебов М.Б.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева
Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
28.04.02 Наноинженерия

«__» ____ 20__ г.

Магистерская программа –

«Материалы и технологии наноинженерии»

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА:
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА (2 семестр)**

БИЛЕТ № 1

1. Обоснование актуальности темы научно-исследовательской работы.
2. Общие принципы поиска, обработки и анализа научно-технической информации с применением Интернет-технологий.

"Утверждаю"
Зав. каф. КХТП
Глебов М.Б.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева
Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
28.04.02 Наноинженерия

«__» ____ 20__ г.

Магистерская программа –

«Материалы и технологии наноинженерии»

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА:
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА (3 семестр)**

БИЛЕТ № 1

1. Основные предварительные результаты выполнения научно-исследовательской работы.
2. Формы апробации результатов научно-исследовательских работ.

"Утверждаю"
Зав. каф. КХТП
Глебов М.Б.

Министерство науки и высшего образования РФ
Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева
Кафедра кибернетики химико-технологических процессов
28.04.02 Наноинженерия

«__» ____ 20__ г.

Магистерская программа –

«Материалы и технологии наноинженерии»

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА:
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА (4 семестр)**

БИЛЕТ № 1

1. Формулировка научной новизны и практической значимости результатов научно-исследовательской работы.
2. Программное обеспечение, используемое для изучения и моделирования свойств и характеристик объекта исследования научно-исследовательской работы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Рыжков И. Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2013. 224 с.

2. Требования к оформлению выпускных квалификационных (дипломных) и курсовых работ: 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. Филипова 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. Дорохов И.Н. Инженерное творчество и инновационный менеджмент в химии и химической технологии. Лабораторный практикум: учеб.пособие / И.Н. Дорохов. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2016. 76 с.

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.
- «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: 5.04.2024).
- Электронная Информационно-Образовательная Среда (ЭИОС) РХТУ им. Д.И. Менделеева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Официальный сайт «Центр коллективного пользования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ckp-rf.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями темами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thesaurus.rusnano.com/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Наномир – интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.miracle-uni.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Нанометр – нанотехнологическое сообщество. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanometer.ru/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Официальный сайт «Аэрогели» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aerogel-russia.ru> (дата обращения: 5.04.2024).

- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронный ресурс].
- Режим доступа: <http://www.nanojournal.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Информационный портал RusNanoNet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- 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: 5.04.2024).

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. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ составляет на 01.01.2024 года 1 559 436 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 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 кибернетики химико-технологических процессов 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, 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 для организации практики имеются в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями 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.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП для реализации практики используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к лабораторным и практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки. Указанные материалы могут использоваться магистрантами для самостоятельной подготовки к проведению эксперимента, обработке экспериментальных данных, компьютерному моделированию. Печатные и электронные материалы, представленные в соответствии с договорами и программами прохождения практик и организациями, содержащими описание технологических процессов, оборудования, средств контроля и автоматизации и др.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для магистрантов, 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.

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	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Составление аналитического литературного обзора по теме исследования.	Знает: – методологию и методики научных исследований; фундаментальные законы физических, физико-химических, биотехнологических и других явлений и процессов и их математическое описание. Умеет: – отбирать и анализировать необходимую научно-техническую информацию по тематике научно-исследовательской работы; формулировать цель и задачи исследований. Владеет: – способами постановки целей и задач исследований.	Оценка за контрольную работу № 1 (2 семестр). Оценка при сдаче зачета с оценкой (2 семестр).
Раздел 2. Постановка цели и задач исследования. Проведение экспериментальных и расчетно-экспериментальных исследований.	Знает: – методологию и методики научных исследований; теоретические предпосылки планирования и проведения экспериментов, в том числе компьютерных вычислений; фундаментальные законы физических, физико-химических, биотехнологических и других явлений и процессов и их математическое описание; способы обработки результатов измерений. Умеет: – отбирать и анализировать необходимую научно-техническую информацию по тематике научно-	Оценка за контрольную работу № 2 (2 семестр). Оценка при сдаче зачета с оценкой (2 семестр).

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	исследовательской работы; формулировать цель и задачи исследований; обосновывать теоретические предпосылки, планировать и проводить лабораторные эксперименты и вычислительные эксперименты с использованием специализированного программного обеспечения; обрабатывать результаты измерений и оценивать погрешности; сопоставлять результаты эксперимента с теоретическими предпосылками и формулировать выводы научного исследования; интерпретировать результаты вычислительных экспериментов на основе знания фундаментальных законов явлений и процессов. Владеет: – способами постановки целей и задач исследований; навыками разработки плана научного исследования; методами обработки результатов экспериментов, расчета погрешностей; методами интерпретации полученных результатов, сопоставлением их с литературными или производственными данными.	
Раздел 3. Подготовка отчета по практике по итогам 2-го семестра.	Умеет: – сопоставлять результаты эксперимента с теоретическими предпосылками и формулировать выводы научного исследования; интерпретировать результаты вычислительных экспериментов на основе знания фундаментальных законов явлений и процессов; составлять отчеты, доклады или готовить статьи по результатам научного исследования. Владеет: – методами интерпретации полученных результатов, сопоставлением их с литературными или производственными данными; приемами формулирования научных выводов; навыками написания тезисов докладов, статей и составления докладов с использованием современного компьютерного обеспечения.	Оценка за контрольную работу № 3 (2 семестр). Оценка при сдаче зачета с оценкой (2 семестр).

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 4. Разработка методик исследования.	Знает: – методологию и методики научных исследований; способы обработки результатов измерений. Умеет: – отбирать и анализировать необходимую научно-техническую информацию по тематике научно-исследовательской работы. Владеет: – навыками разработки плана научного исследования; методами интерпретации полученных результатов, сопоставлением их с литературными или производственными данными.	Оценка за контрольную работу № 1 (3 семестр). Оценка при сдаче зачета с оценкой (3 семестр).
Раздел 5. Проведение экспериментальных и расчетно-экспериментальных исследований.	Знает: – методологию и методики научных исследований; теоретические предпосылки планирования и проведения экспериментов, в том числе компьютерных вычислений; фундаментальные законы физических, физико-химических, биотехнологических и других явлений и процессов и их математическое описание; способы обработки результатов измерений. Умеет: – отбирать и анализировать необходимую научно-техническую информацию по тематике научно-исследовательской работы; обосновывать теоретические предпосылки, планировать и проводить лабораторные эксперименты и вычислительные эксперименты с использованием специализированного программного обеспечения; обрабатывать результаты измерений и оценивать погрешности; сопоставлять результаты эксперимента с теоретическими предпосылками и формулировать выводы научного исследования; интерпретировать результаты вычислительных экспериментов на основе знания фундаментальных законов явлений и процессов. Владеет:	Оценка за контрольную работу № 2 (3 семестр). Оценка при сдаче зачета с оценкой (3 семестр).

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	– навыками разработки плана научного исследования; методами обработки результатов экспериментов, расчета погрешностей; методами интерпретации полученных результатов, сопоставлением их с литературными или производственными данными.	
Раздел 6. Подготовка отчета по практике по итогам 3-го семестра.	Умеет: – сопоставлять результаты эксперимента с теоретическими предпосылками и формулировать выводы научного исследования; интерпретировать результаты вычислительных экспериментов на основе знания фундаментальных законов явлений и процессов; составлять отчеты, доклады или готовить статьи по результатам научного исследования. Владеет: – методами интерпретации полученных результатов, сопоставлением их с литературными или производственными данными; приемами формулирования научных выводов; навыками написания тезисов докладов, статей и составления докладов с использованием современного компьютерного обеспечения.	Оценка за контрольную работу № 3 (3 семестр). Оценка при сдаче зачета с оценкой (3 семестр).
Раздел 7. Проведение экспериментальных и расчетно-экспериментальных исследований. Формулирование научных выводов.	Знает: – методологию и методики научных исследований; теоретические предпосылки планирования и проведения экспериментов, в том числе компьютерных вычислений; фундаментальные законы физических, физико-химических, биотехнологических и других явлений и процессов и их математическое описание; способы обработки результатов измерений. Умеет: – отбирать и анализировать необходимую научно-техническую информацию по тематике научно-исследовательской работы; обосновывать теоретические предпосылки, планировать и проводить лабораторные эксперименты и вычислительные эксперименты с	Оценка за контрольные работы № 1 и 2 (4 семестр). Оценка при сдаче экзамена (4 семестр).

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	использованием специализированного программного обеспечения; обрабатывать результаты измерений и оценивать погрешности; сопоставлять результаты эксперимента с теоретическими предпосылками и формулировать выводы научного исследования; интерпретировать результаты вычислительных экспериментов на основе знания фундаментальных законов явлений и процессов. Владеет: – методами обработки результатов экспериментов, расчета погрешностей; методами интерпретации полученных результатов, сопоставлением их с литературными или производственными данными; приемами формулирования научных выводов.	
Раздел 8. Оформление материалов исследования, подготовка отчета по практике.	Умеет: – отбирать и анализировать необходимую научно-техническую информацию по тематике научно-исследовательской работы; сопоставлять результаты эксперимента с теоретическими предпосылками и формулировать выводы научного исследования; интерпретировать результаты вычислительных экспериментов на основе знания фундаментальных законов явлений и процессов; составлять отчеты, доклады или готовить статьи по результатам научного исследования. Владеет: – методами интерпретации полученных результатов, сопоставлением их с литературными или производственными данными; приемами формулирования научных выводов; навыками написания тезисов докладов, статей и составления докладов с использованием современного компьютерного обеспечения.	Оценка за контрольную работу № 3 (4 семестр). Оценка при сдаче экзамена (4 семестр).

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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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 __.__.20__, протокол № __, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от __.__.20__ № __;

- 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

«Производственная практика: научно-исследовательская работа»

основной образовательной программы

28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа –
«Материалы и технологии наноинженерии»
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.
4		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5		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»

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ

«Производственная практика: преддипломная практика»

Направление подготовки – 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

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 «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии», 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 2 «Практика» учебного плана. Программа рассчитана на проведение практики в 4 семестре (2 курс) обучения. Программа предполагает, что обучающиеся освоили все дисциплины и иные другие практики, предусмотренные учебным планом, и имеют теоретическую и практическую подготовку в области квантовой химии, физики твёрдого тела, нанометрологии, материаловедения наноматериалов и наносистем, основ создания нанообъектов и наноструктурированных материалов, планирования и организации проведения эксперимента, технологий получения наноматериалов и изделий из них, моделирования нанопроцессов и наносистем, молекулярной биофизики и бионанотехнологии, методов нелинейной динамики в нанопроцессах, современных информационных технологий.

Цель практики – подготовка материалов для выполнения выпускной квалификационной работы.

Задачами практики являются:

- окончательное формирование у обучающихся компетенций, связанных с целостным представлением об организации и управлении отдельными этапами и программами проведения научных исследований и технических разработок, освоением нормативной документации изделий и производств наноиндустрии, методов и технологий получения наноструктурированных материалов, средств программного обеспечения моделирования нанопроцессов и наносистем;
- знакомство с организацией технологического процесса, исследуемого в выпускной квалификационной работе, и подробное изучение элемента или части процесса, подлежащего совершенствованию;
- изучение принципа действия и конструкции основного оборудования по теме выпускной квалификационной работы;
- освоение программного обеспечения для моделирования нанопроцессов и наносистем по теме выпускной квалификационной работы;
- обобщение и систематизация данных для выполнения выпускной квалификационной работы;
- совершенствование умения анализировать и обобщать данные научно-технической и патентной литературы;
- закрепление навыков самостоятельной работы при решении конкретных научно-исследовательских и инновационных задач в профессиональной деятельности;
- формирование комплексного представления о специфике профессиональной деятельности в области наноинженерии.

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 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 критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач
Коммуникация	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Знает методы и технологии коммуникации для академического и профессионального взаимодействия на государственном и иностранном языках УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т.д.)

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				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологий и решать их	ПК-1.1. Знает современные методы, использующиеся при проведении научных исследований в нанотехнологии и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы	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 С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
			ПК-1.2. Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности	
			ПК-1.3. Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных	– методы исследований, испытаний,	ПК-2. Готов к анализу и систематизации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-

исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	деятельности и методики анализа явлений и процессов	конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
			ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	
			ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов нанотехнологий	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей эффективности в своей профессиональной деятельности	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 С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного
			ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	

применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.		ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
– Планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации. – Участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий	– Методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе. – Наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 593н. Обобщенная трудовая функция D: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)
			ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	
			ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	

– Планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации. – Участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий	– Методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе. – Наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники. – Технологическое и контрольно-диагностическое оборудование для процессов нанотехнологий.	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий нанотехнологий ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопродукции ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий	Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.02.2014 № 72н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования. Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования.

В результате прохождения практики студент магистратуры должен:

Знать:

- свойства наноматериалов, их области применения, методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов по профилю выпускной квалификационной работы;
- физико-химические закономерности нанотехнологии по профилю выпускной квалификационной работы;
- основные нормативные документы по стандартизации и сертификации продукции предприятий nanoиндустрии по профилю выпускной квалификационной работы;
- комплекс мероприятий по технике безопасности работы с наноматериалами по профилю выпускной квалификационной работы, а также охране труда и окружающей среды на соответствующих предприятиях nanoиндустрии.

Уметь:

- выполнять поиск, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации, осуществлять выбор методик и средств решения задач, поставленных программой практики;
- проводить измерения и контроль параметров нанопроцессов и наносистем по профилю выпускной квалификационной работы;
- выполнять расчеты по моделированию процессов нанотехнологий и прогнозированию свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники по профилю выпускной квалификационной работы;
- осуществлять контроль самостоятельной работы по программе практики;
- составлять описания проводимых исследований наноматериалов, нанопроцессов и наносистем, а также готовить данные для составления обзоров и отчётов.

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 по профилю выпускной квалификационной работы;
- навыками анализа и моделирования нанотехнологических процессов и систем;
- навыками систематизации, обработки и обобщения результатов компьютерных экспериментов.

3. ОБЪЕМ ПРАКТИКИ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Практика проводится в 4 семестре. Итоговый контроль прохождения практики осуществляется путём проведения зачёта с оценкой.

Вид учебной работы	Объем практики		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость практики	6	216	162
Самостоятельная работа	6	216	162
в том числе в форме практической подготовки	6	216	162
Контактная самостоятельная работа	6	0,4	0,3
Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе практики		215,6	161,7
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

4.1. Разделы практики

Разделы	Наименование раздела	Объем раздела, акад. ч.
Раздел 1	Теоретическое и практическое изучение объекта исследования выпускной квалификационной работы	100
Раздел 2	Выполнение индивидуального задания. Обобщение и систематизация данных для выполнения выпускной квалификационной работы	100
Раздел 3	Подготовка и оформление отчета по практике	16
	Всего часов	216

4.2. Содержание разделов практики

Раздел 1. Теоретическое и практическое изучение объекта исследования выпускной квалификационной работы.

Постановка цели и задач практики. Ознакомление с объектом исследования выпускной квалификационной работы, его физико-химическими свойствами, требуемыми техническими характеристиками. Изучение современных методов исследования объекта исследования выпускной квалификационной работы, нормативно-технической документации, перспективных научных разработок в соответствии с выбранной темой. Выбор средств и методов изучения объекта исследования выпускной квалификационной работы. Подготовительные организационно-методические мероприятия. Прохождение технических инструктажей. Составление плана исследований. Выполнение исследований, испытаний, вычислительных экспериментов по тематике выпускной квалификационной работы.

Раздел 2. Выполнение индивидуального задания. Обобщение и систематизация данных для выполнения выпускной квалификационной работы.

Организация и осуществление научно-исследовательской деятельности в рамках практики и подготовки материалов для выпускной квалификационной работы согласно индивидуальному заданию, согласованному с научным руководителем. Изучение и использование современных методик исследования объекта исследования выпускной квалификационной работы, характеристик оборудования, установок. Изучение универсального и специализированного программного обеспечения, используемого при изучении и моделировании свойств и характеристик объекта исследования выпускной квалификационной работы. Подготовка, сбор и обработка данных для выполнения выпускной квалификационной работы.

Раздел 3. Подготовка и оформление отчета по практике.

Ознакомление с требованиями, предъявляемыми к написанию и представлению отчета. Описание и систематизация результатов, полученных в ходе выполнения индивидуального задания в рамках практики. Обобщение и систематизация данных для выполнения выпускной квалификационной работы. Подведение итогов и составление выводов по работе. Подготовка и оформление отчета.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИКИ

№	В результате прохождения практики студент должен:	Раздел			
		1	2	3	
	Знать:				
1	свойства наноматериалов, их области применения, методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов по профилю выпускной квалификационной работы	+			
2	физико-химические закономерности нанотехнологии по профилю выпускной квалификационной работы	+			
3	основные нормативные документы по стандартизации и сертификации продукции предприятий nanoиндустрии по профилю выпускной квалификационной работы	+			
4	комплекс мероприятий по технике безопасности работы с наноматериалами по профилю выпускной квалификационной работы, а также охране труда и окружающей среды на соответствующих предприятиях nanoиндустрии	+	+		
	Уметь:				
5	выполнять поиск, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации, осуществлять выбор методик и средств решения задач, поставленных программой практики	+	+		
6	проводить измерения и контроль параметров нанопроцессов и наносистем по профилю выпускной квалификационной работы		+		
7	выполнять расчеты по моделированию процессов нанотехнологий и прогнозированию свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники по профилю выпускной квалификационной работы		+		
8	осуществлять контроль самостоятельной работы по программе практики	+	+	+	
9	составлять описания проводимых исследований наноматериалов, нанопроцессов и наносистем, а также готовить данные для составления обзоров и отчётов		+	+	
	Владеть:				
10	навыками самостоятельной работы с источниками научной информации, реферирования научных публикаций, обобщения передового опыта и лучших практик применительно к объекту исследования выпускной квалификационной работы	+		+	
11	навыками исследования структуры и свойств наноматериалов по профилю выпускной квалификационной работы		+		
12	навыками анализа и моделирования нанотехнологических процессов и систем		+		
13	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			
14	УК-1. Способен осуществлять критический анализ	УК-1.1 Знает методы осуществления поиска вариантов решения	+	+	+

№	В результате прохождения практики студент должен:		Раздел		
			1	2	3
	проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации			
		УК-1.2 Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке	+	+	
		УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач	+	+	
15	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Знает методы и технологии коммуникации для академического и профессионального взаимодействия на государственном и иностранном языках	+	+	
		УК-4.2 Умеет представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных мероприятиях, включая международные			+
		УК-4.3 Владеет интегративными умениями, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных текстов (рефератов, обзоров, статей и т.д.)	+		+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
16	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологий и решать их	ПК-1.1. Знает современные методы, используемые при проведении научных исследований в нанотехнологии и основные этапы выполнения научно-исследовательской работы	+	+	
		ПК-1.2. Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности		+	
		ПК-1.3. Владеет приёмами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов		+	+
17	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов	+	+	
		ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные	+	+	

№	В результате прохождения практики студент должен:	Раздел		
		1	2	3
	их интерпретации	технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ		
		ПК-2.3 Владеет навыками проведения информационного поиска и обработки научно-технической информации	+	+
18	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.1 Знает методы и средства определения показателей эффективности в своей профессиональной деятельности	+	+
		ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов		+
		ПК-3.3 Владеет методами оценки технологических процессов с позиции эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности в области профессиональной деятельности	+	
19	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров	+	
		ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием		+
		ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур		+
20	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий наноиндустрии	+	
		ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопродукции		+
		ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий		+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки магистров по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии» проведение практических занятий по практике не предусмотрено.

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки магистров по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии» проведение 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 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. Программа практики включает также выполнение индивидуального задания, которое разрабатывается руководителем практики или руководителем выпускной квалификационной работы обучающегося с учетом специфики научно-исследовательской работы кафедры.

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 наноиндустрии, выставок нанопродукции;
- 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 «Производственная практика: преддипломная практика» выполняется студентом во время прохождения практики в соответствии с календарным учебным графиком учебного плана подготовки магистров по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии».

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 подготовки к выполнению выпускной квалификационной работы в процессе прохождения практики:
 - цели и задачи научной работы;
 - анализ информации, полученной из различных информационных источников, по теме практики;
 - сведения о материалах, использованных при выполнении экспериментальной работы во время прохождения практики;
 - описание методов исследования и научно-исследовательского оборудования, использованных при выполнении экспериментальной работы во время прохождения практики;
 - полученные экспериментальные результаты и их обсуждение;
 - основные выводы по результатам экспериментальной работы, выполненной во время прохождения практики;
 - графический материал, предусмотренный планом 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 представлена ниже.

1. Разработка и тестирование новых заданий для лабораторных работ и практических занятий по дисциплинам направлений 28.03.02 и 28.04.02.
2. Получение и исследование пленок для офтальмологии.
3. Поверхностная модификация лазерно-синтезированных наночастиц для биомедицины.
4. Разработка программного комплекса для исследования характеристик наноплюидных каналов.
5. Анализ и моделирование процесса ароматизации бутана на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов.
6. Исследование биоразложения н-дibuтилфталата клетками, покрытыми магнитными наночастицами.
7. Анализ и моделирование процесса получения легких алкенов из метанола на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов.
8. Получение комплексов антител с различными нанодисперсными маркерами и их применение в иммунохроматографических системах контроля пищевых токсикантов.
9. Моделирование процесса селективного гидрирования ацетиленов в ацетилен-этиленовых смесях на Pd-содержащих нанокатализаторах.
10. Моделирование процесса дегидрирования пропана на Pt-содержащих нанокатализаторах.
11. Моделирование кинетики блочной радиальной сополимеризации стирола с

акрилатом кобальта в процессе получения кобальтосодержащего нанокompозита.

12. Моделирование и визуализация средствами Компас-3D гидродинамики в наноструктурах.

13. Исследование особенностей применения исполнительных устройств для управления процессами на наноуровне.

14. Исследование процесса гибели микроорганизмов в средах с наночастицами металлов.

15. Математическое моделирование и исследование закономерностей процесса синтеза углеродных нанотрубок методом CVD на различных катализаторах.

16. Разработка программных комплексов для тестирования студентов по методикам анализа качества наноматериалов согласно требованиям государственных стандартов в области наноиндустрии.

17. Моделирование процесса гидродинамики в многофлюидном элементе.

18. Моделирование процесса получения металлсодержащего полимерного нанокompозита на основе метилметакрилата.

19. Анализ и моделирование процесса получения металлсодержащего нанокompозита на основе структуры блок-сополимеров стирола.

20. Исследование процесса получения наночастиц серебра биологическим способом.

21. Моделирование процесса получения пропилена на высокоэффективных нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов типа MFI.

22. Исследование активности, селективности и стабильности цеолитных нанокатализаторов в реакции депарафинизации углеводородного сырья.

23. Разработка алгоритмов и программного приложения для расчета надежности комбинированных структур в наноинженерии.

24. Моделирование процесса дегидратации метанола на нанокатализаторах на основе высококремнистых алюмосиликатных композиций.

25. Исследование теплопроводности нанодисперсий оксидов металлов, углеродных нанотрубок.

26. Исследование и оптимизация процесса приготовления суспензии оксида магния на этиловом спирте с использованием планетарной мельницы РМ 100.

27. Разработка информационной базы сенсоров на основе наноструктур золота.

28. Исследование способов управления потоком жидкости в нанофлюидных каналах.

29. Разработка и анализ опыта использования образовательных ресурсов для дисциплины «Методы диагностики и измерений в наноинженерии».

30. Анализ и моделирование процесса получения легких алкенов из метанола на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов типа ZSM-5.

Конкретное содержание индивидуального задания по практике в рамках подготовки материалов для выпускной квалификационной работы может включать следующие составляющие:

1) сбор, систематизацию и анализ научной литературы по тематике выпускной квалификационной работы с использованием отечественных библиотечных систем и баз данных;

2) развитие практического исследования по изучению объекта научно-исследовательской работы в зависимости от целей выпускной квалификационной работы, систематизацию результатов в виде раздела в отчет по практике;

3) проведение лабораторных или практических экспериментов с использованием современных методик и технических средств по тематике выпускной квалификационной работы;

4) проведение компьютерных экспериментов с использованием универсального и специализированного программного обеспечения по тематике выпускной квалификационной работы;

5) освоение новых программных модулей, комплексов программных средств по тематике выпускной квалификационной работы;

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 (ЦиТХИИ);

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 выпускной квалификационной работы.

2. Формулировка научной новизны и практической значимости результатов выпускной квалификационной работы.

3. История становления и развития объекта исследования выпускной квалификационной работы.

4. Основные физико-химические свойства объекта исследования выпускной квалификационной работы и современные методики их измерения (исследования, диагностики).

5. Основные нормативные требования к объекту исследования выпускной квалификационной работы, современные методики диагностики и испытаний.

6. Основные правила техники безопасности при работе с объектом исследования выпускной квалификационной работы.

7. Современные методы получения, хранения и исследования свойств объекта исследования выпускной квалификационной работы.

8. Оборудование, необходимое для получения объекта исследования выпускной квалификационной работы.

9. Программное обеспечение, используемое для изучения и моделирования свойств и характеристик объекта исследования выпускной квалификационной работы.

10. Современное состояние исследований в мировом научном сообществе в отношении объекта исследования выпускной квалификационной работы; перспективы дальнейшего развития научных исследований.

11. Формулировка цели и методология составления плана научных исследований в рамках практики согласно индивидуальному заданию.

12. Выбор методов исследования (диагностики свойств, испытания технических характеристик на соответствия нормативным требованиям) объекта исследования выпускной квалификационной работы в рамках практики согласно индивидуальному заданию.

13. Методика проведения экспериментов согласно индивидуальному заданию.

14. Основные результаты выполнения индивидуального задания.

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. Требования к оформлению выпускных квалификационных работ.

19. Методологические подходы к организации и проведению научно-исследовательских работ; специфика научно-исследовательской деятельности в высшем учебном заведении.

20. Актуальные современные направления научных исследований в области наноинженерии.

21. Требования к организации научно-исследовательских работ с использованием программного обеспечения; основные виды программного обеспечения, используемого для исследований и моделирования в наноинженерии.

22. Цели, формы и приемы защиты объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности.

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 практике включает 2 контрольных вопроса, каждый из которых оценивается максимально в 20 баллов.

Пример билета к зачёту 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
	28.04.02 Наноинженерия
	Магистерская программа –
«__» ____ 20__ г.	«Материалы и технологии наноинженерии»

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА: ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА

БИЛЕТ № 1

1. Обоснование актуальности темы выпускной квалификационной работы.
2. Общие принципы поиска, обработки и анализа научно-технической информации с применением Интернет-технологий.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАКТИКИ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Рыжков И. Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2013. 224 с.

2. Требования к оформлению выпускных квалификационных (дипломных) и курсовых работ: 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. Филипова 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. Дорохов И.Н. Инженерное творчество и инновационный менеджмент в химии и химической технологии. Лабораторный практикум: учеб.пособие / И.Н. Дорохов. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2016. 76 с.

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.
- «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: 5.04.2024).
- Электронная Информационно-Образовательная Среда (ЭИОС) РХТУ им. Д.И. Менделеева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Официальный сайт «Центр коллективного пользования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.skr-rf.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями темами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thesaurus.rusnano.com/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Наномир – интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.miracle-uni.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Нанометр – нанотехнологическое сообщество. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanometer.ru/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Официальный сайт «Аэрогели» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aerogel-russia.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanojournal.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Информационный портал RusNanoNet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru> (дата обращения: 5.04.2024).

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.

Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ составляет на 01.01.2024 года 1 559 436 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 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 кибернетики химико-технологических процессов 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-РiC, 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, 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 для организации практики имеются в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями 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.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП для реализации практики используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к лабораторным и практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки. Указанные материалы могут использоваться магистрантами для самостоятельной подготовки к проведению эксперимента, обработке экспериментальных данных, компьютерному моделированию. Печатные и электронные материалы, представленные в соответствии с договорами и программами прохождения практик предприятиями и организациями, содержащими описания технологических процессов, оборудования, средств контроля и автоматизации и др.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для магистрантов, 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.

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	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Теоретическое и практическое изучение объекта исследования выпускной квалификационной работы	Знает: – свойства наноматериалов, их области применения, методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов по профилю выпускной квалификационной работы; физико-химические закономерности нанотехнологии по профилю выпускной квалификационной работы; основные нормативные документы по стандартизации и сертификации продукции предприятий nanoиндустрии по профилю выпускной квалификационной работы; комплекс мероприятий по технике безопасности работы с наноматериалами по профилю выпускной квалификационной работы, а также охране труда и окружающей среды на соответствующих предприятиях nanoиндустрии. Умеет: – выполнять поиск, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации, осуществлять выбор методик и средств решения задач, поставленных программой практики; осуществлять контроль самостоятельной работы по программе практики. Владеет: – навыками самостоятельной работы с источниками научной информации, реферирования научных публикаций, обобщения передового опыта и лучших практик применительно к объекту исследования выпускной квалификационной работы.	Оценка за отчет по практике. Оценка при сдаче зачета с оценкой.
Раздел 2. Выполнение индивидуального задания. Обобщение и систематизация данных для выполнения выпускной квалификационной работы	Знает: – комплекс мероприятий по технике безопасности работы с наноматериалами по профилю выпускной квалификационной работы, а также охране труда и окружающей среды на соответствующих предприятиях nanoиндустрии. Умеет: – выполнять поиск, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации, осуществлять выбор методик и средств решения задач, поставленных программой практики; проводить измерения и	Оценка за отчет по практике. Оценка при сдаче зачета с оценкой.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	контроль параметров нанопроцессов и наносистем по профилю выпускной квалификационной работы; выполнять расчеты по моделированию процессов нанотехнологий и прогнозированию свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники по профилю выпускной квалификационной работы; осуществлять контроль самостоятельной работы по программе практики; составлять описания проводимых исследований наноматериалов, нанопроцессов и наносистем, а также готовить данные для составления обзоров и отчетов. Владеет: – навыками исследования структуры и свойств наноматериалов по профилю выпускной квалификационной работы; навыками анализа и моделирования нанотехнологических процессов и систем.	
Раздел 3. Подготовка и оформление отчета по практике	Умеет: – осуществлять контроль самостоятельной работы по программе практики; составлять описания проводимых исследований наноматериалов, нанопроцессов и наносистем, а также готовить данные для составления обзоров и отчетов. Владеет: – навыками самостоятельной работы с источниками научной информации, реферирования научных публикаций, обобщения передового опыта и лучших практик применительно к объекту исследования выпускной квалификационной работы; навыками систематизации, обработки и обобщения результатов компьютерных экспериментов.	Оценка за отчет по практике.

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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– 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 __.__.20__, протокол № __, введенным в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от __.__.20__ № __;

– 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

28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа –
«Материалы и технологии наноинженерии»
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.
4		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5		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»

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ:
ВЫПОЛНЕНИЕ И ЗАЩИТА
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Направление подготовки – 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

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 «04» июня 2024 г., протокол № 14.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

В соответствии с Законом РФ «Об образовании» государственная итоговая аттестация выпускников, завершающих обучение по программам высшего образования, в том числе по программам магистратуры, является заключительным и обязательным этапом оценки содержания и качества освоения студентами основной образовательной программы по направлению 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии».

Государственная итоговая аттестация: выполнение и защита выпускной квалификационной работы – проводится в целях определения соответствия результатов освоения обучающимися образовательной программы соответствующим требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии».

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура для направления подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии», рекомендациями методической комиссии РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Государственная итоговая аттестация: выполнение и защита выпускной квалификационной работы – относится к обязательной части образовательной программы и завершается присвоением квалификации «Магистр». Успешное прохождение государственной итоговой аттестации является основанием для выдачи обучающемуся документа о высшем образовании и о квалификации образца, установленного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

Государственная итоговая аттестация: выполнение и защита выпускной квалификационной работы – обучающихся по программе магистратуры проводится в форме защиты выпускной квалификационной работы (ВКР).

Защита ВКР предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области квантовой химии, физики твёрдого тела, нанометрологии, материаловедения наноматериалов и наносистем, методов диагностики в наноинженерии, основ создания нанообъектов и наноструктурированных материалов, молекулярной биофизики и бионанотехнологии, технологий получения наноматериалов и изделий из них, моделирования нанопроцессов и наносистем, методов оптимизации нанопроцессов и наносистем, методов нелинейной динамики в нанопроцессах, теории эксперимента в наноинженерии, современных информационных технологий.

Цель государственной итоговой аттестации – выявление уровня теоретической и практической подготовленности выпускника вуза к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии».

Задачи государственной итоговой аттестации – установление соответствия содержания, уровня и качества подготовки выпускника требованиям ФГОС ВО; мотивация выпускников на дальнейшее повышение уровня компетентности в избранной сфере профессиональной деятельности на основе углубления и расширения полученных знаний и навыков путем продолжения познавательной деятельности в сфере практического применения знаний и компетенций.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

К государственной итоговой аттестации: выполнению и защите выпускной квалификационной работы – допускается обучающийся, не имеющий академической задолженности и в полном объеме выполнивший учебный план по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии».

У выпускника, освоившего программу магистратуры, должны быть сформированы следующие **компетенции**:

Универсальные компетенции:

- УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.
- УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.
- УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели.
- УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия.
- УК-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия.
- УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.

Общепрофессиональные компетенции:

- ОПК-1. Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области наноинженерии и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей.
- ОПК-2. Способен управлять профессиональной и иной деятельностью на основе применения знаний проектного и финансового менеджмента.
- ОПК-3. Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в профессиональной области с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
- ОПК-4. Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов.
- ОПК-5. Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов.
- ОПК-6. Способен демонстрировать социальную ответственность за принимаемые решения, учитывать правовые и культурные аспекты, обеспечивать устойчивое развитие при ведении профессиональной и иной деятельности.
- ОПК-7. Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области наноинженерии.

Профессиональные компетенции:

- ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области наноинженерии и решать их.

– ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации.

– ПК-3. Способен к анализу технологических процессов nanoиндустрии.

– ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники.

– ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопроductии, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций.

В результате прохождения государственной итоговой аттестации (выполнения и защиты выпускной квалификационной работы) у студента проверяется сформированность указанных выше компетенций, а также следующих знаний, умений и навыков, позволяющих оценить степень готовности обучающихся к дальнейшей профессиональной деятельности. Студент должен:

Знать:

– принципы и порядок постановки и формулирования задач научных исследований на основе результатов поиска, обработки и анализа научно-технической информации;

– правила и порядок подготовки научно-технических отчетов, аналитических обзоров и справок, требования к представлению результатов проведенного исследования в виде научного отчета, статьи или доклада;

– современные информационные технологии для сбора и обработки информации, основные возможности применения прикладных программных средств для моделирования и проектирования нанообъектов, наносистем и нанопроцессов;

– основы естественнонаучных дисциплин, обеспечивающих глубокое понимание процессов и явлений на наноуровне;

– приемы защиты интеллектуальной собственности, основы патентования результатов интеллектуальной деятельности.

Уметь:

– ставить цели и формулировать задачи, связанные с организацией профессиональной деятельности и научных исследований, проводить обработку и анализ результатов научных исследований, формулировать выводы и составлять отчеты по результатам проведенных исследований;

– приобретать с помощью информационных технологий новые знания и умения, необходимые в профессиональной области, в том числе на иностранном языке;

– использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием;

– использовать универсальное и специализированное программное обеспечение для решения задач моделирования нанопроцессов и наносистем;

– разрабатывать новые технические и технологические решения на основе результатов научных исследований.

Владеть:

– навыками планирования и организации научных исследований;

– навыками эксплуатации аналитического и испытательного оборудования и приборов;

– навыками планирования и проведения эксперимента, анализа экспериментальных результатов;

– навыками измерения и контроля параметров нанопроцессов и наносистем;

– навыками применения прикладных программных средств для моделирования и проектирования нанообъектов, наносистем и нанопроцессов;

- навыками поиска и анализа научно-технической информации в области наноинженерии;
- навыками подготовки данных для составления обзоров, отчётов и научных докладов.

3. ОБЪЕМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Государственная итоговая аттестация: выполнение и защита выпускной квалификационной работы – проходит в 4 семестре на базе знаний, умений и навыков, полученных студентами при изучении дисциплин направления подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии» и рассчитана на сосредоточенное прохождение в 4 семестре (2 курс) обучения в объеме 216 академических часов (6 ЗЕ).

Виды учебной работы	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость ГИА по учебному плану	6	216	162
Контактная работа (КР):	–	–	–
Самостоятельная работа (СР):	6	216	162
Контактная работа – итоговая аттестация	6	0,67	0,5
Выполнение, написание и оформление ВКР		215,33	161,5
Вид контроля:	Защита ВКР		

4. СОДЕРЖАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Государственная итоговая аттестация: выполнение и защита выпускной квалификационной работы – в форме защиты ВКР проходит в 4 семестре на базе знаний, умений и навыков, полученных студентами при изучении дисциплин направления подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии» и прохождения практик.

Государственная итоговая аттестация: выполнение и защита выпускной квалификационной работы – проводится государственной экзаменационной комиссией (ГЭК).

Контроль уровня сформированности компетенций обучающихся, приобретенных при освоении ООП, осуществляется путем проведения защиты ВКР и присвоения квалификации «Магистр».

Защита ВКР является обязательной процедурой итоговой государственной аттестации студентов высших учебных заведений, завершающих обучение по направлению подготовки магистратуры. Она проводится публично на открытом заседании ГЭК в соответствии с локальными нормативными и распорядительными актами университета.

Материалы, представляемые к защите:

- выпускная квалификационная работа (пояснительная записка);
- задание на выполнение ВКР;
- отзыв руководителя ВКР;
- рецензия на ВКР;
- презентация (раздаточный материал), подписанная руководителем;
- доклад.

В задачи ГЭК входят выявление подготовленности студента к профессиональной деятельности и принятие решения о возможности выдачи ему диплома.

Решение о присуждении выпускнику квалификации магистра принимается на заседании ГЭК простым большинством при открытом голосовании членов комиссии на основании результатов итоговых испытаний. Результаты определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Обучающийся имеет право подать в апелляционную комиссию апелляцию о нарушении, по его мнению, установленной процедуры защиты выпускной квалификационной работы. Апелляция о несогласии с результатами защиты выпускной квалификационной работы не принимается.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

№	В результате прохождения государственной итоговой аттестации у студента проверяется сформированность следующих знаний, умений и навыков, позволяющих оценить степень готовности обучающихся к дальнейшей профессиональной деятельности:	Защита ВКР
	<i>Знать:</i>	
1	– принципы и порядок постановки и формулирования задач научных исследований на основе результатов поиска, обработки и анализа научно-технической информации	+
2	– правила и порядок подготовки научно-технических отчетов, аналитических обзоров и справок, требования к представлению результатов проведенного исследования в виде научного отчета, статьи или доклада	+
3	– современные информационные технологии для сбора и обработки информации, основные возможности применения прикладных программных средств для моделирования и проектирования нанообъектов, наносистем и нанопроцессов	+
4	– основы естественнонаучных дисциплин, обеспечивающих глубокое понимание процессов и явлений на наноуровне	+
5	– приемы защиты интеллектуальной собственности, основы патентования результатов интеллектуальной деятельности	+
	<i>Уметь:</i>	
6	– ставить цели и формулировать задачи, связанные с организацией профессиональной деятельности и научных исследований, проводить обработку и анализ результатов научных исследований, формулировать выводы и составлять отчеты по результатам проведенных исследований	+
7	– приобретать с помощью информационных технологий новые знания и умения, необходимые в профессиональной области, в том числе на иностранном языке	+
8	– использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	+
9	– использовать универсальное и специализированное программное обеспечение для решения задач моделирования нанопроцессов и наносистем	+
10	– разрабатывать новые технические и технологические решения на основе результатов научных исследований.	+
	<i>Владеть:</i>	
11	– навыками планирования и организации научных исследований	+
12	– навыками эксплуатации аналитического и испытательного оборудования и приборов	+
13	– навыками планирования и проведения эксперимента, анализа экспериментальных результатов	+

14	– навыками измерения и контроля параметров нанопроцессов и наносистем	+
15	– навыками применения прикладных программных средств для моделирования и проектирования нанообъектов, наносистем и нанопроцессов	+
16	– навыками поиска и анализа научно-технической информации в области нанотехнологий	+
17	– навыками подготовки данных для составления обзоров, отчётов и научных докладов	+
В результате прохождения государственной итоговой аттестации у студента проверяется сформированность следующих компетенций:		
Универсальных компетенций:		
18	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	+
19	УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	+
20	УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	+
21	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	+
22	УК-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	+
23	УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	+
Общепрофессиональных компетенций:		
24	ОПК-1. Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей	+
25	ОПК-2. Способен управлять профессиональной и иной деятельностью на основе применения знаний проектного и финансового менеджмента	+
26	ОПК-3. Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в профессиональной области с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	+
27	ОПК-4. Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов	+
28	ОПК-5. Способен использовать инструментальный формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	+
29	ОПК-6. Способен демонстрировать социальную ответственность за принимаемые решения, учитывать правовые и культурные аспекты, обеспечивать устойчивое развитие при ведении профессиональной и иной деятельности	+
30	ОПК-7. Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области нанотехнологий	+
Профессиональных компетенций:		
31	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области нанотехнологий и решать их	+
32	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	+

33	ПК-3. Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	+
34	ПК-4. Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	+
35	ПК-5. Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопроductии, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки магистров по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии» «Государственная итоговая аттестация: выполнение и защита выпускной квалификационной работы» проведение практических занятий не предполагает.

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки магистров по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии» «Государственная итоговая аттестация: выполнение и защита выпускной квалификационной работы» проведение лабораторных занятий не предполагает.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебным планом подготовки магистров по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии» «Государственная итоговая аттестация: выполнение и защита выпускной квалификационной работы» предполагает 216 акад. часов самостоятельной работы.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

8.1. Примерная тематика выпускных квалификационных работ

1. Разработка и тестирование новых заданий для лабораторных работ и практических занятий по дисциплинам направлений 28.03.02 и 28.04.02.
2. Получение и исследование пленок для офтальмологии.
3. Поверхностная модификация лазерно-синтезированных наночастиц для биомедицины.
4. Разработка программного комплекса для исследования характеристик нанопористых каналов.
5. Анализ и моделирование процесса ароматизации бутана на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов.
6. Исследование биоразложения н-дибутилфталата клетками, покрытыми магнитными наночастицами.
7. Анализ и моделирование процесса получения легких алкенов из метанола на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов.
8. Получение комплексов антител с различными нанодисперсными маркерами и их применение в иммунохроматографических системах контроля пищевых токсикантов.
9. Моделирование процесса селективного гидрирования ацетилена в ацетилен-этиленовых смесях на Pd-содержащих нанокатализаторах.
10. Моделирование процесса дегидрирования пропана на Pt-содержащих нанокатализаторах.

11. Моделирование кинетики блочной радиальной сополимеризации стирола с акрилатом кобальта в процессе получения кобальтосодержащего нанокompозита.
12. Моделирование и визуализация средствами Компас-3D гидродинамики в наноструктурах.
13. Исследование особенностей применения исполнительных устройств для управления процессами на наноуровне.
14. Исследование процесса гибели микроорганизмов в средах с наночастицами металлов.
15. Математическое моделирование и исследование закономерностей процесса синтеза углеродных нанотрубок методом CVD на различных катализаторах.
16. Разработка программных комплексов для тестирования студентов по методикам анализа качества наноматериалов согласно требованиям государственных стандартов в области нанотехнологий.
17. Моделирование процесса гидродинамики в многофлюидном элементе.
18. Моделирование процесса получения металлосодержащего полимерного нанокompозита на основе метилметакрилата.
19. Анализ и моделирование процесса получения металлосодержащего нанокompозита на основе структуры блок-сополимеров стирола.
20. Исследование процесса получения наночастиц серебра биологическим способом.
21. Моделирование процесса получения пропилена на высокоэффективных нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов типа MFI.
22. Исследование активности, селективности и стабильности цеолитных нанокатализаторов в реакции депарафинизации углеводородного сырья.
23. Разработка алгоритмов и программного приложения для расчета надежности комбинированных структур в нанотехнологии.
24. Моделирование процесса дегидратации метанола на нанокатализаторах на основе высококремнистых алюмосиликатных композиций.
25. Исследование теплопроводности нанодисперсий оксидов металлов, углеродных нанотрубок.
26. Исследование и оптимизация процесса приготовления суспензии оксида магния на этиловом спирте с использованием планетарной мельницы PM 100.
27. Разработка информационной базы сенсоров на основе наноструктур золота.
28. Исследование способов управления потоком жидкости в нанотрубах.
29. Разработка и анализ опыта использования образовательных ресурсов для дисциплины «Методы диагностики и измерений в нанотехнологии».
30. Анализ и моделирование процесса получения легких алкенов из метанола на нанокатализаторах на основе модифицированных цеолитов типа ZSM-5.

8.2. Текущий контроль выполнения выпускной квалификационной работы

Текущий контроль выполнения ВКР осуществляется в три этапа и проводится в форме собеседования преподавателя и студента.

На 1-ой контрольной точке преподаватель оценивает выполнение план-графика работы, понимание студентом цели и задач исследования, содержание аналитического обзора научно-технической литературы по теме ВКР.

На 2-ой контрольной точке студент представляет аналитический обзор, результаты экспериментальной научной работы (или технологические расчеты), в случае отставания от графика выполнения работы преподаватель указывает на возможности их ликвидации.

На 3-ей контрольной точке студент представляет практически законченную и оформленную работу и проект презентации. Назначается рецензент, составляется график защит ВКР и работа (или ее часть) передаются на проверку на объем заимствования.

8.3. Итоговый контроль освоения основной образовательной программы

Итоговым контролем освоения образовательной программы является проверка сформированности компетенций выпускника, проводимая на защите ВКР. Особенности защиты ВКР обучающимся, не явившимся на заседание ГЭК, регламентируются Положением о порядке проведения государственной итоговой аттестации 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.

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

Критерии для оценки выпускной квалификационной работы

Оценка **«отлично»** выставляется за ВКР при следующих условиях:

- постановка проблемы во введении соответствует современному состоянию и перспективам развития научных исследований по направленности (профилям) ООП ВО, носит комплексный характер и включает в себя обоснование актуальности, научной и практической значимости темы, формулировку цели и задач исследования, его объекта и предмета, обзор использованных источников и литературы;
- содержание и структура исследования соответствуют поставленным цели и задачам;
- изложение материала носит проблемно-аналитический характер, отличается логичностью и смысловой завершенностью;
- промежуточные и итоговые выводы работы соответствуют ее основным положениям и поставленным задачам исследования;
- соблюдены требования к стилю и оформлению научных работ;
- публичная защита ВКР показала уверенное владение материалом, умение четко, аргументировано и корректно отвечать на поставленные вопросы, отстаивать собственную точку зрения;
- все текстовые заимствования оформлены достоверными ссылками, объем и характер текстовых заимствований соответствуют специфике исследовательских задач.

Оценка **«хорошо»** выставляется за ВКР при следующих условиях:

- введение включает все необходимые компоненты постановки проблемы, в том числе формулировку цели и задач исследования, его объекта и предмета, обзор использованных источников и литературы. Обоснование актуальности, научной и практической значимости темы не вполне соответствует современному состоянию и перспективам развития научных исследований по направленности (профилям) ООП ВО;
- содержание и структура работы в целом соответствуют поставленным цели и задачам;
- изложение материала не всегда носит проблемно-аналитический характер;
- промежуточные и итоговые выводы работы в целом соответствуют ее основным положениям и поставленным задачам исследования;
- соблюдены основные требования к оформлению научных работ;
- публичная защита выпускной квалификационной работы показала достаточно уверенное владение материалом, однако недостаточное умение четко, аргументировано и корректно отвечать на поставленные вопросы и отстаивать собственную точку зрения;

– текстовые заимствования, как правило, оформлены достоверными ссылками, объем текстовых заимствований в целом соответствует специфике исследовательских задач.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется за ВКР при следующих условиях:

– введение включает основные компоненты постановки проблемы, однако в формулировках цели и задач исследования, его объекта и предмета допущены погрешности, обзор использованных источников и литературы носит формальный характер, обоснование актуальности, научной и практической значимости темы не соответствует современному состоянию и перспективам развития научных исследований по направленности (профилям) ООП ВО;

– содержание и структура работы не полностью соответствуют поставленным задачам исследования;

– изложение материала носит описательный характер, список цитируемых источников не позволяет качественно решить все поставленные в работе задачи;

– выводы работы не полностью соответствуют ее основным положениям и поставленным задачам исследования;

– нарушен ряд основных требований к оформлению научных работ;

– в ходе публичной защиты проявилось неуверенное владение материалом, неумение отстаивать собственную позицию и отвечать на вопросы;

– значительная часть текстовых заимствований не сопровождаются достоверными ссылками, объем и характер текстовых заимствований лишь отчасти соответствуют специфике исследовательских задач.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется за ВКР при следующих условиях:

– введение работы не имеет логичной структуры и не выполняет функцию постановки проблемы исследования;

– содержание и структура работы в основном не соответствует теме, цели и задачам исследования;

– работа носит реферативный характер, список цитируемых источников является недостаточным для решения поставленных задач;

– выводы работы не соответствуют ее основным положениям и поставленным задачам исследования;

– не соблюдены требования к оформлению научных работ;

– в ходе публичной защиты выпускной квалификационной работы проявилось неуверенное владение материалом, неумение формулировать собственную позицию;

– большая часть текстовых заимствований не сопровождаются достоверными ссылками, текстовые заимствования составляют большой объем работы и преимущественно являются результатом использования нескольких научных и учебных изданий.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

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.
- «Стандарты и качество», ISSN: 0038-9692.
- «Контроль качества продукции», ISSN: 2541-9900.
- «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», ISSN: 2073-0004.
- «Химическая технология», ISSN: 1684-5811.
- «Безопасность в техносфере», ISSN: 1998-071X.
- «Интеллектуальные системы в производстве», ISSN (печатной версии): 1813-7911, ISSN (онлайновой версии): 2410-9304.
- «Нано- и микросистемная техника», ISSN: 1813-8586.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- Официальный сайт «РХТУ им. Д.И. Менделеева» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://muctr.ru/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Электронная Информационно-Образовательная Среда (ЭИОС) РХТУ им. Д.И. Менделеева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Официальный сайт «Центр коллективного пользования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ckp-rg.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями темами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thesaurus.rusnano.com/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Наномир – интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.miracle-uni.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Нанометр – нанотехнологическое сообщество. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanometer.ru/> (дата обращения: 5.04.2024).
- Официальный сайт «Аэрогели» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aerogel-russia.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Российский Электронный наножурнал. ООО «Парк-медиа». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanojournal.ru> (дата обращения: 5.04.2024).
- Информационный портал RusNanoNet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru> (дата обращения: 5.04.2024).

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 будущего специалиста. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ составляет на 01.01.2024 года 1 559 436 экз.

ИБЦ университета обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по всем дисциплинам, практикам и ГИА основной образовательной программы по направлению 28.04.02 Наноинженерия, магистерская программа «Материалы и технологии наноинженерии».

Информационно-библиотечный центр обеспечивает самостоятельную работу студентов 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.

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 ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Перечень оборудования для обеспечения проведения государственной итоговой аттестации: презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления).

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Кафедра кибернетики химико-технологических процессов 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-РiC, 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 СуВrо2, 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 для организации практики имеются в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями 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.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП для реализации практики используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к лабораторным и практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки. Указанные материалы могут использоваться магистрантами для самостоятельной подготовки к проведению эксперимента, обработке экспериментальных данных, компьютерному моделированию. Печатные и электронные материалы, представленные в соответствии с договорами и программами прохождения практик предприятиями и организациями, содержащими описания технологических процессов, оборудования, средств контроля и автоматизации и др.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для магистрантов, 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.

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 ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Выполнение и представление результатов научных исследований. 1.1 Выполнение научных исследований.	<i>Знает:</i> – принципы и порядок постановки и формулирования задач научных исследований на основе результатов поиска, обработки и анализа научно-технической информации; – современные информационные технологии для сбора и обработки информации, основные возможности применения прикладных программных средств для моделирования и проектирования нанообъектов, наносистем и нанопроцессов; – основы естественнонаучных дисциплин, обеспечивающих глубокое понимание процессов и явлений на наноуровне; – приемы защиты интеллектуальной собственности, основы патентования результатов интеллектуальной деятельности. <i>Умеет:</i> – ставить цели и формулировать задачи, связанные с организацией профессиональной деятельности и научных исследований, проводить обработку и анализ результатов научных исследований, формулировать выводы и составлять отчеты по результатам проведенных исследований; – приобретать с помощью информационных технологий новые знания и умения, необходимые в профессиональной области, в том числе на иностранном языке; – использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием; – использовать универсальное и специализированное программное обеспечение для решения задач моделирования нанопроцессов и наносистем; – разрабатывать новые технические и технологические решения на основе результатов научных исследований. <i>Владеет:</i> – навыками планирования и организации научных исследований; – навыками эксплуатации аналитического и испытательного оборудования и приборов; – навыками планирования и проведения эксперимента, анализа экспериментальных результатов; – навыками измерения и контроля параметров	Оценка за первое и второе промежуточные представления результатов научных исследований. Оценка на ГИА.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	нанопроцессов и наносистем; – навыками применения прикладных программных средств для моделирования и проектирования нанообъектов, наносистем и нанопроцессов; – навыками поиска и анализа научно-технической информации в области нанотехнологий.	
Раздел 2. Выполнение и представление результатов научных исследований. 1.2 Подготовка научного доклада и презентации.	<i>Знает:</i> – правила и порядок подготовки научно-технических отчетов, аналитических обзоров и справок, требования к представлению результатов проведенного исследования в виде научного отчета, статьи или доклада; – современные информационные технологии для сбора и обработки информации, основные возможности применения прикладных программных средств для моделирования и проектирования нанообъектов, наносистем и нанопроцессов. <i>Умеет:</i> – ставить цели и формулировать задачи, связанные с организацией профессиональной деятельности и научных исследований, проводить обработку и анализ результатов научных исследований, формулировать выводы и составлять отчеты по результатам проведенных исследований; – приобретать с помощью информационных технологий новые знания и умения, необходимые в профессиональной области, в том числе на иностранном языке; – разрабатывать новые технические и технологические решения на основе результатов научных исследований. <i>Владеет:</i> – навыками планирования и проведения эксперимента, анализа экспериментальных результатов; – навыками поиска и анализа научно-технической информации в области нанотехнологий; – навыками подготовки данных для составления обзоров, отчетов и научных докладов.	Оценка за третье промежуточное представление результатов научных исследований. Оценка на ГИА.

13. ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ 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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– 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

**«Государственная итоговая аттестация:
выполнение и защита выпускной квалификационной работы»**

основной образовательной программы

28.04.02 Наноинженерия
Магистерская программа –
«Материалы и технологии наноинженерии»
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.
4		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5		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»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Хеометрика наносистем»

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена профессором кафедры химического и фармацевтического инжиниринга, д.т.н., доцентом Гордиенко М.Г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга РХТУ им. Д.И. Менделеева «29» августа 2024 г., протокол №12.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Нанотехнологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Химического и фармацевтического инжиниринга** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Хемометрия наносистем»** 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 «Математика», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Основы кибернетики и системного анализа химико-технологических процессов».

Цель дисциплины «Хемометрия наносистем» – овладение магистрантами структурными методами и алгоритмами обработки больших массивов экспериментальных данных, в том числе многомерного статистического анализа, оптимизации аналитической информации в области нанотехнологий для химической, химико-фармацевтической и биотехнологических отраслей промышленности и медицины.

Задачи дисциплины:

- освоение магистрантами специфики методов обработки многомерных данных, поступающих с современного аналитического оборудования, применяемого при создании нанообъектов и их целевом использовании;
- приобретение практических навыков выбора адекватных методов анализа и обработки экспериментальной информации, поступающей в результате эксплуатации современного оборудования и приборов, используемых для определения свойств нанообъектов.

Дисциплина **«Хемометрия наносистем»** преподается в 1 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 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				
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-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их.	ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	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 С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового,	- Химическое, химико-технологическое производство	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования,	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора,	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским

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
теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ.	разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
– Планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью	– Методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты

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
совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации. – Участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии	изделий на их основе. – Наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	использованием современной вычислительной техники		Российской Федерации от 08.09.2015 № 611н. Обобщенная трудовая функция D: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)
– Планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью	– Методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и	ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопродукции	Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них»,

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
совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации. – Участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии	изделий на их основе. – Наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники. – Технологическое и контрольно-диагностическое оборудование для процессов нанотехнологий.	контролировать параметры технологических операций		утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.02.2014 № 72н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопроductии и обслуживания технологического оборудования. Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и

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
				социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н. Обобщенная трудовая функция С: Процессы жизненного цикла продукции. С/05.7: Обеспечение технологических операций процесса производства нанопродукции и обслуживания технологического оборудования.

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- предмет и метод хемометрики;
- основы теории и методы измерений;
- методы обнаружения и обработки сигналов;
- смысл операции градуирования и применяемые методы;
- основные свойства корреляционной матрицы,
- структурные методы регрессионного анализа;
- назначение стохастического факторного анализа, устойчивость статистического оценивания;
- методы разложения сложных сигналов на простые;
- методы распознавания образов, кластерного анализа.

Уметь:

- интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных;
- выполнять статистическую обработку информации;
- выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе;
- разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации;
- разрабатывать и практически применять алгоритмы различных вариантов факторного анализа;
- определять сложность сигналов и выполнять их разрешение;
- разрабатывать и применять алгоритмы автоматической классификации.

Владеть:

- методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомодальных (многомерных) данных;
- практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,88	68	51
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Самостоятельная работа (СР):	2,12	76	57
Вид итогового контроля:	Зачёт с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Акад. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	Введение	3	0,5	0,5	2	—
1.	Раздел 1. Обнаружение и обработка сигналов. Проекционные методы анализа данных.	27,5	2,75	2,75	4	18
1.1	Обнаружение аналитических сигналов	7,5	0,75	0,75	—	6
1.2	Обработка сигналов	8	1	1	—	6
1.3	Проекционные методы анализа данных: МГК и МПЛС	12	1	1	4	6
2.	Раздел 2. Градуирование (калибровка).	41	5,5	5,5	10	20
2.1	Постановка задачи градуирования и подготовка данных	7	1	1	—	5
2.2	Классическая калибровка	12	1,5	1,5	4	5
2.3	Обратная калибровка	12	1,5	1,5	4	5
2.4	Калибровка на латентных переменных	10	1,5	1,5	2	5
3.	Раздел 3. Классификация.	33,5	3,75	3,75	8	18
3.1	Постановка задачи классификации и подготовка данных	5,5	0,75	0,75	—	4
3.2	Классификация с учителем	14	1,5	1,5	4	7
3.3	Классификация без учителя	14	1,5	1,5	4	7
4.	Раздел 4. Разрешение многомерных кривых.	39	4,5	4,5	10	20
4.1	Постановка задачи, условия разрешимости, особенности хроматографических и кинетических типов данных	9,5	0,75	0,75	2	6

№	Раздел дисциплины	Акад. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
4.2	Факторный анализ	14,5	1,75	1,75	4	7
4.3	Итерационные методы	14,5	1,75	1,75	4	7
	ИТОГО	144	17	17	34	76

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение. Предмет и методы хемометрики в рамках аналитических методов, используемых в химической технологии, биотехнологии и нефтехимии. Цели и задачи курса. Методические рекомендации студентам.

Раздел 1. Обнаружение и обработка сигналов. Проекционные методы анализа данных.

1.1 Обнаружение аналитических сигналов. Связь аналитического сигнала с измеряемой физической характеристикой нанообъектов. Обнаружение сигналов аналита и фона. Предел обнаружения. Точечное и интервальное оценивание предела обнаружения сигнала. Проверка гипотез об отличии сигнала аппарата от сигнала фона. Определение погрешности обнаружения сигнала аналита по неравенству Чебышева. Непараметрические критерии. Критерий Вилкоксона.

1.2 Обработка сигналов. Регрессионный анализ как основной метод обработки сигналов. Методы наименьших квадратов и максимального правдоподобия. Методы увеличения отношения «сигнал/шум»: фильтрация и модуляция сигналов. Спектральный анализ: быстрое преобразование Фурье, преобразование Адамара.

1.3 Проекционные методы анализа данных: МГК и МПЛС. Изучение проекционных методов анализа: метод главных компонент (МГК) и метод проекции на латентные структуры (МПЛС). Матрицы счетов, нагрузок и остатков. Требования к матрице исходных данных. Алгоритм МГК и МПЛС. Анализ результатов, полученных проекционными методами.

Раздел 2. Градуирование (калибровка).

2.1 Постановка задачи градуирования и подготовка данных. Постановка задачи градуировки при определении характеристик промышленных нанообъектов. Линейная и нелинейная градуировка. Калибровка и проверка, критерии оценки качества калибровки. Неопределенность, точность и воспроизводимость. Проблемы недооценки и переоценки. Проблема с мультиколлинеарностью при многомерной калибровке. Требования к анализируемым данным.

2.2 Классическая калибровка. Калибровка по одному каналу (однофакторная). Метод Фирордта на примере анализа спектров. Непрямая калибровка.

2.3 Обратная калибровка. Метод множественной линейной регрессии. Метод пошаговой калибровки как способ снижения переоценки.

2.4 Калибровка на латентных переменных. Применение проекционных методов, как инструмента градуирования. Определение эффективной размерности многомерных данных. Анализ взаимоотношений образцов, содержащих нанообъекты. Исследование роли переменных. Регрессия на латентных переменных и ее практическое применение. Регрессия на главные компоненты.

Раздел 3. Классификация.

3.1 Постановка задачи классификации и подготовка данных. Постановка задачи классификации: обучение с учителем и без. Ошибка классификации. Рост сложности задачи с ростом числа переменных. Подготовка данных.

3.2 Классификация с учителем. Методы классификации с учителем: линейный дискриминантный анализ, квадратичный дискриминантный анализ, метод PLS дискриминации, формальное независимое моделирование аналогий классов, метод k ближайших соседей.

3.3 Классификация без учителя. Применение метода главных компонент для классификации образцов. Кластеризация с помощью K-средних.

Раздел 4. Разрешение многомерных кривых.

4.1 Постановка задачи, условия разрешимости, особенности хроматографических и кинетических типов данных. Постановка задачи разрешения многомерных кривых. Проблема неоднозначности решения и условия разрешимости. Особенности данных различного типа. Применение метода главных компонент для оценки

числа химических компонентов для поиска решения задачи разрешения кривых и для создания основы для факторного анализа.

4.2 Факторный анализ. Шкалирующие и вращающие преобразования. Прокрустов анализ. Эволюционный факторный анализ. Оконный факторный анализ.

4.3 Итерационные методы. Итерационный целевой факторный анализ. Метод чередующихся наименьших квадратов. Кинетическое моделирование спектральных данных.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	<i>Знать:</i>				
1	предмет и методы хемометрики	+	+	+	+
2	основы теории и методы измерений	+			
3	методы обнаружения и обработки сигналов	+	+		+
4	смысл операции градуирования и применяемые методы		+		
5	основные свойства корреляционной матрицы		+		
6	структурные методы регрессионного анализа		+		
7	назначение стохастического факторного анализа, устойчивость статистического оценивания				+
8	методы разложения сложных сигналов на простые				+
9	методы распознавания образов, кластерного анализа			+	
	<i>Уметь:</i>				
10	интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных	+	+	+	+
11	выполнять статистическую обработку информации	+	+	+	+
12	выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе		+	+	+
13	разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации		+	+	+
14	разрабатывать и практически применять алгоритмы различных вариантов факторного анализа				+
15	определять сложность сигналов и выполнять их разрешение			+	
16	разрабатывать и применять алгоритмы автоматической классификации	+	+	+	+
	<i>Владеть:</i>				
17	методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомодальных (многомерных) данных		+	+	+
18	практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине	+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i>						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
19	ПК-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их.	ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	+	+	+	+
20	ПК-2 Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации.	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ.	+	+	+	+
21	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	+	+	+	+
22	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопродукции	+	+	+	+

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	Подготовка данных. Вычислительные алгоритмы для проекционных методов (МГК, МПЛС)	3,25
2	2	Вычислительные алгоритмы для решения задач градуирования. Критерии для проверки моделей	5,5
3	3	Подготовка данных. Вычислительные алгоритмы для решения задач классификации с учителем и без	3,75
4	4	Вычислительные алгоритмы для реализации методов разрешения многомерных кривых	4,5

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине *«Хеометрика наносистем»*, а также способствует приобретению практических навыков в области масштабирования и трансфера технологий.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 10 баллов (максимально 1,25 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Введение. Знакомство с программным обеспечением (возможно использование следующего ПО: MS Excel, Mathlab, Octave, Ststistica). Реализация операций матричных вычислений, статистических функций, специальных функций в зависимости от используемого в процессе обучения ПО	2
2	1	Реализация проекционных методов анализа данных с использованием ПО на тестовом примере	4
3	2	Реализация методов классической и обратной калибровки данных с использованием ПО на тестовом примере	4
4	2	Реализация метода калибровки регрессией на главные компоненты и на латентных переменных с использованием ПО на тестовом примере	6
5	3	Реализация методов классификации с учителем с использованием ПО на тестовом примере	4
6	3	Реализация методов классификации с (продолжение) и без учителя с использованием ПО на тестовом примере	4
7	4	Реализация методов факторного анализа для разрешения многомерных кривых с использованием ПО на тестовом примере	6
8	4	Реализация итерационных методов факторного анализа для разрешения многомерных кривых с использованием ПО на тестовом примере	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины *«Хеометрика наносистем»* предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 75,6 акад. 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, 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 сдаче зачета с оценкой (1 семестр) и лабораторного практикума (1 семестр) по дисциплине *«Хеометрика наносистем»*.

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

Дисциплиной *«Хеометрика наносистем»* не предусмотрено выполнение реферативно-аналитической работы.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Текущий контроль приобретения практических навыков при выполнении лабораторных работ проверяется путем выдачи заданий для самостоятельной работы. Предусмотрено 5 самостоятельных работ. Работы выполняются во время аудиторных занятий каждым студентом индивидуально. За каждую работу студент может максимально получить 8 баллов. Варианты работы 1 отличаются только выдаваемыми в электронном виде исходными данными. Варианты работы 2-5 отличаются как исходными данными, так и используемыми методами хеометрического анализа данных. В этом случае варианты распределяются в случайном порядке.

Пример самостоятельной работы №1

1. Считать данные из файла.
2. Отобразить данные на boxplot диаграмме, сохранить диаграмму как рисунок, вставить в текстовый редактор и добавить выводы о данных.
3. Провести нормирование данных и отобразить нормированные данные на boxplot диаграмме; сохранить диаграмму как рисунок, вставить в текстовый редактор и добавить выводы о данных.
4. Произвести обработку данных, используя метод главных компонент.
5. Вставить в текстовый редактор таблицу с коэффициентами и проанализировать первые 4-е компоненты на предмет того, какие именно факторы вносят

наибольший вклад в компоненты; подтвердить выводы графиками счетов, выделив на них группы.

6. Построить проекции факторных нагрузок в пространстве:

- 1-2 компонент;
- 2-3 компонент;
- 1 и 3 компонент;
- 1-3 компонент.

и провести анализ полученных графиков, а именно, указать наличие и отсутствие прямых и обратных зависимостей между рассматриваемыми значениями; результаты и выводы внести в текстовый файл.

Факторы на графиках должны быть подписаны!

7. Построить диаграмму Парето и по ней сделать вывод о том, сколько компонент достаточно для описания 50 %, 80 % и 90 % дисперсии.

8. Отправьте отчет преподавателю на указанный электронный адрес.

Примеры самостоятельной работы №2

Вариант 1

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б
3. Используя метод одноканальной калибровки определите коэффициенты уравнений калибровки отдельно для вещества А и отдельно для вещества Б:
где Y – спектр; X – концентрация. Возьмите для вещества А канал 30; для вещества Б – канал 90. Используйте для расчета в матлаб функцию polyfit. Сохраните значения констант в файл отчета.
4. Рассчитайте прогнозируемые значения интенсивности (спектра) для каналов 30 и 90, используя в матлаб функцию polyval. Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
5. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций используя выражение:
Отобразите графики «измерено-предсказано» для значений концентрация для двух веществ для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
6. Рассчитайте критерии (используйте значения концентраций) и сохраните их в файл отчета: полную дисперсию остатков, объясненную дисперсию остатков, стандартную ошибку и коэффициент корреляции для значений концентраций.
7. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 2

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)

- ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_A и C_B)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б
 3. Используя метод Фирарда определите коэффициенты уравнения калибровки: где Y – значения спектров, X – значения концентраций. При расчетах используйте следующие каналы: 30 для вещества А и 90 для вещества Б. Полученные значения внесите в файл отчета.
 4. Рассчитайте прогнозируемые значения интенсивности (спектра) для каналов 30 и 90 для обучающих и тестовых выборок, используя выражение:
Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
 5. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающих и тестовых выборок, используя выражение:
Отобразите графики «измерено-предсказано» для значений концентрация для двух веществ для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
 6. Рассчитайте критерии (используйте значения концентраций) и сохраните их в файл отчета: полную дисперсию остатков, объясненную дисперсию остатков, среднеквадратичные остатки калибровки, величины смещения, стандартную ошибку и коэффициент корреляции для значений концентраций.
 7. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 3

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_A и C_B)
 - ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_A и C_B)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б
3. Используя метод непрямой калибровки, определите коэффициенты уравнения калибровки: где Y – значения спектров, X – значения концентраций. Полученные значения внесите в файл отчета.
4. Рассчитайте прогнозируемые значения спектра для обучающих и тестовых выборок, используя выражение:
Отобразите графики экспериментальных и рассчитанных спектров для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
5. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающих и тестовых выборок, используя выражение:

Отобразите графики «измерено-предсказано» для значений концентрация для двух веществ для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.

6. Рассчитайте критерии (используйте значения концентраций) и сохраните их в файл отчета: полную дисперсию остатков, объясненную дисперсию остатков, среднеквадратичные остатки калибровки, величины смещения, стандартную ошибку и коэффициент корреляции для значений концентраций.

7. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 4

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б
3. Используя метод множественной линейной регрессии, определите коэффициенты уравнения калибровки: где Y – значения концентраций, X – значения спектров.

Перед расчетом определите число каналов. Возьмите требуемое количество каналов, начиная с 15 с шагом 10. Полученные значения внесите в файл отчета.

4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающих и тестовых выборок, используя выражение:

Отобразите графики экспериментальных и рассчитанных спектров для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.

5. Рассчитайте критерии (используйте значения концентраций) и сохраните их в файл отчета: полную дисперсию остатков, объясненную дисперсию остатков, среднеквадратичные остатки калибровки, величины смещения, стандартную ошибку и коэффициент корреляции для значений концентраций.

6. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 5

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:
 - ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
 - lambda – вектор, содержащий длины волн
 - PureA – чистый спектр для вещества А
 - PureB – чистый спектр для вещества Б
 - SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)

2. Постройте график чистых спектров для веществ А и Б
3. Используя пошаговый метод множественной калибровки определите коэффициенты для уравнения калибровки для вещества А: где Y – концентрация вещества А; X – значение интенсивности (спектра) для выбранного(ых) канала(ов).

Возьмите для вещества А следующие варианты каналов (всего 5 расчетов):

- a. 24
- b. 24 и 86
- c. 24, 86, 11
- d. 24, 86, 11, 30
- e. 24, 86, 11, 30, 55

Внесите в файл отчета полученные значения коэффициентов.

4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для 5 вариантов из п.3 по обучающей выборке и тестовой выборке, используя в матлаб функцию `polyval`. Внесите полученные значения в файл отчета.

5. Рассчитайте среднеквадратичные остатки для обучающей и тестовой выборки (используйте значения концентраций). Отобразите зависимости среднеквадратичных остатков для обучающей и тестовой выборок от числа взятых каналов. Сохраните график в файл отчета. Добавьте вывод о том, сколько каналов необходимо использовать для калибровки.

6. Для выбранного числа каналов отобразить графики «измерено-предсказано» по значениям концентраций для обучающей и тестовой выборок.

7. В файле отчета сделайте вывод о полученных результатах. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. В теме письма укажите ФИО, группу.

Примеры самостоятельной работы №3

Вариант 1

1. Загрузите данные в матлаб из файла `GradWork1`. Ознакомьтесь с данными:
 - `ConcSpectrStudy` – значения концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_a и C_b)
 - `ConcSpectrTest` – значения концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: C_a и C_b)
 - `lambda` – вектор, содержащий длины волн
 - `PureA` – чистый спектр для вещества А
 - `PureB` – чистый спектр для вещества Б
 - `SpectrStudy` – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
 - `SpectrTest` – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
2. Найдите главные компоненты, используя обучающую выборку, и отобразите результаты на графиках счетов и нагрузок. Сохраните графики в файл отчета. Проанализируйте их.
3. Используя метод проекции на главные компоненты постройте по обучающей выборке уравнение калибровки для вещества А. Ограничьтесь первыми 4 главными компонентами.
4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающей и тестовой выборок. Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.
5. Рассчитайте критерий среднеквадратичного отклонения для всех 4-х вариантов из обучающей выборки и из тестовой выборки. Отобразите результаты в форме гистограмм (команда `bar`). Сохраните графики в файл отчета.

6. Сделайте выводы по полученным данным. Сколько главных компонент необходимо использовать для калибровки? Обоснуйте ответ. На какой из выборок точность прогноза выше? Обоснуйте.

7. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 2

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:

- ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
- ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
- lambda – вектор, содержащий длины волн
- PureA – чистый спектр для вещества А
- PureB – чистый спектр для вещества Б
- SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
- SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)

2. Постройте проекции на латентные структуры по ВАРИАНТУ 1 (отдельно для вещества А), используя обучающую выборку, и отобразите результаты на графиках счетов и нагрузок. Сохраните графики в файл отчета. Проанализируйте их.

3. Постройте по обучаемой выборке уравнение калибровки для вещества А. Ограничьтесь первыми 4 главными компонентами.

4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающей и тестовой выборок. Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.

5. Рассчитайте критерий среднеквадратичного отклонения для всех 4-х вариантов из обучающей выборки и из тестовой выборки. Отобразите результаты в форме гистограмм (команда bar). Сохраните графики в файл отчета.

6. Сделайте выводы по полученным данным. Сколько главных компонент необходимо использовать для калибровки? Обоснуйте ответ. На какой из выборок точность прогноза выше? Обоснуйте.

7. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 3

1. Загрузите данные в матлаб из файла GradWork1. Ознакомьтесь с данными:

- ConcSpectrStudy – значение концентраций для образцов из обучающей выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
- ConcSpectrTest – значение концентраций для образцов из тестовой выборки (каждая строка содержит две концентрации: Ca и Cб)
- lambda – вектор, содержащий длины волн
- PureA – чистый спектр для вещества А
- PureB – чистый спектр для вещества Б
- SpectrStudy – значения спектров для образцов из обучающей выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)
- SpectrTest – значения спектров для образцов из тестовой выборки (каждый столбец соответствует спектру 1 смеси)

2. Постройте проекции на латентные структуры по ВАРИАНТУ 2 (используйте данные и для вещества А и для вещества Б одновременно), используя обучающую выборку,

и отобразите результаты на графиках счетов и нагрузок. Сохраните графики в файл отчета. Проанализируйте их.

3. Постройте по обучаемой выборке уравнения калибровки для веществ А и Б. Ограничьтесь первыми 4 главными компонентами.

4. Рассчитайте прогнозируемые значения концентраций для обучающей и тестовой выборок. Отобразите графики «измерено-предсказано» для обучающей и тестовой выборок. Сохраните графики в файл отчета.

5. Рассчитайте критерий среднеквадратичного отклонения для всех 4-х вариантов из обучающей выборки и из тестовой выборки. Отобразите результаты в форме гистограмм (команда bar). Сохраните графики в файл отчета.

6. Сделайте выводы по полученным данным. Сколько главных компонент необходимо использовать для калибровки? Обоснуйте ответ. На какой из выборок точность прогноза выше? Обоснуйте.

7. Отправьте отчет на электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Примеры самостоятельной работы № 4

Вариант 1

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work2. Ознакомьтесь с данными:

- X – значение признаков объектов
- Cl – перечень классов, к которому относится тот или иной объект

2. Проведите классификацию, используя метод k-средних. Рассчитайте 8 циклов. Отобразите полученные на каждом шаге классы и центроиды на графиках в координатах

«Признак 1 – Признак 2» и «Признак 3- Признак 4». Полученные диаграммы сохраните в отчет, дайте пояснения.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 2

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:

– Xs и Xt – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;

– Cls b Clt – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.

2. Классификацию проведите, используя метод k-ближайших соседей. Число соседей примите равное 5. Отобразите в отчете в табличной форме данные к какому классу были отнесены образцы из тестовой выборки и к какому классу они принадлежат на самом деле. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 3

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:

– Xs и Xt – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;

– Cls b Clt – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.

2. Классификацию проведите для класса 2, используя метод SIMCA. Примите точность равной 0,95. Отобразите в отчете в табличной форме данные к какому классу были отнесены образцы из тестовой выборки и к какому классу они принадлежат на самом деле. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 4

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
– X_s и X_t – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;

– Cls_b и Cls_t – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.

2. Классификацию проведите для класса 3, используя метод SIMCA. Примите точность равной 0,95. Отобразите в отчете в табличной форме данные к какому классу были отнесены образцы из тестовой выборки и к какому классу они принадлежат на самом деле. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 5

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
– X_s и X_t – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;

– Cls_b и Cls_t – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.

2. Классификацию проведите, используя метод PLS-DA. Результаты разделения на классы обучающей и тестовой выборки отобразите графически. Включите диаграммы в отчет. Проанализируйте, правильно ли были отнесены данные из обучающей и тестовой выборок к классам. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 6

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
– X_s и X_t – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;

– Cls_b и Cls_t – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.

2. Классификацию проведите, используя метод QDA. Результаты разделения на классы обучающей и тестовой выборки отобразите графически. Включите диаграммы в отчет. Проанализируйте, правильно ли были отнесены данные из обучающей и тестовой выборок к классам. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 7

1. Загрузите данные в матлаб из файла Work1. Ознакомьтесь с данными:
 - X_s и X_t – значение признаков объектов из обучающей и тестовой выборки соответственно;
 - Cls и Clt – номера классов, к которым принадлежат объекты из обучающей и тестовой выборок соответственно.

Внимание: обучающая выборка содержит по 38 объектов каждого класса, тестовая выборка содержит по 9 объектов каждого класса.

2. Классификацию проведите, используя метод LDA. Предварительно переведите данные в пространство главных компонент. В дальнейших расчетах используйте первые 2 компонента. Отобразите в отчете в табличной форме данные к какому классу были отнесены образцы из тестовой выборки и к какому классу они принадлежат на самом деле. Проанализируйте, правильно ли были отнесены данные из обучающей и тестовой выборок к классам. Сделайте выводы из работы.

3. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Примеры самостоятельной работы № 5

Вариант 1

1. Загрузите данные в матлаб из файла WorkMCR. Ознакомьтесь с данными:
 - A_t , B_t – концентрационные кривые для чистых веществ, $time$ – вектор времени
 - A_s , B_s – спектры чистых веществ, $lambda$ – вектор длин волн
 - X – данные о смеси
2. Примените к данным метод МГК, рассчитайте сингулярные значения для разного числа компонент. Отобразите график HELP и график сингулярных значений. Сделайте и обоснуйте вывод о количестве чистых веществ в анализируемой смеси.
3. Используя прокрустов анализ проведите разрешение многомерных данных. Отобразите графически полученные концентрационные зависимости чистых веществ и чистых спектров относительно имеющихся истинных данных.
4. Оформите отчет. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 2

1. Загрузите данные в матлаб из файла WorkMCR. Ознакомьтесь с данными:
 - A_t , B_t – концентрационные кривые для чистых веществ, $time$ – вектор времени
 - A_s , B_s – спектры чистых веществ, $lambda$ – вектор длин волн
 - X – данные о смеси
2. Методом эволюционного факторного анализа определите концентрационные окна.
3. Используя оконный факторный анализ проведите разрешение многомерных данных. Отобразите графически полученные концентрационные зависимости чистых веществ и чистых спектров относительно имеющихся истинных данных.
4. Оформите отчет. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 3

1. Загрузите данные в матлаб из файла WorkMCR. Ознакомьтесь с данными:
 - A_t , B_t – концентрационные кривые для чистых веществ, $time$ – вектор времени
 - A_s , B_s – спектры чистых веществ, $lambda$ – вектор длин волн
 - X – данные о смеси
2. Методом эволюционного факторного анализа определите концентрационные окна.
3. Используя итерационный целевой факторный анализ проведите разрешение многомерных данных. Отобразите графически полученные концентрационные зависимости чистых веществ и чистых спектров относительно имеющихся истинных данных.
4. Оформите отчет. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

Вариант 4

1. Загрузите данные в матлаб из файла WorkMCR. Ознакомьтесь с данными:
 - A_t , B_t – концентрационные кривые для чистых веществ, $time$ – вектор времени
 - A_s , B_s – спектры чистых веществ, $lambda$ – вектор длин волн
 - X – данные о смеси
2. Методом эволюционного факторного анализа определите концентрационные окна.
3. Используя метод чередующихся наименьших квадратов проведите разрешение многомерных данных. Отобразите графически полученные концентрационные зависимости чистых веществ и чистых спектров относительно имеющихся истинных данных.
4. Оформите отчет. Отправьте отчет на указанный электронный адрес. Приложите программный код в формате скрипта. В теме письма укажите ФИО, группу.

8.3 Структура и пример билетов для зачета с оценкой (1 семестр)

Зачет с оценкой по дисциплине «Хеометрика наносистем» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам дисциплины. Максимальная оценка за зачет с оценкой 40 баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – зачёт с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – 40 баллов

1. Хеометрика, как научная дисциплина. Цели и задачи хеометрики. Практическое применение.
2. Стадии аналитического процесса и присущие им погрешности.
3. Метод контролируемого обучения в многомерном анализе данных.
4. Способы уменьшения суммарной дисперсии (погрешности) пробоотбора и анализа.
5. Определение необходимого и достаточного объема обучающей выборки в контролируемом обучении.
6. Способы достижения репрезентативности пробы при пробоотборе.
7. Меры сходства и расстояния, применяемые в кластерном анализе.
8. Процедура подготовки пробы к анализу. Роль концентрирования аналита.
9. Виды и источники погрешности результатов измерения и обработки данных анализа. Способы увеличения отношения «сигнал/шум».

10. Определение дискриминирующего отношения в многомерном анализе данных.
11. Методы обнаружения сигналов. Различие сигналов аналита и фона.
12. Нормирование и центрирование данных в многомерном анализе.
13. Определение предела обнаружения аналита в пробе. Точное оценивание предела обнаружения.
14. Естественное нормирование данных и нормирование сравнением. Мера их информативности.
15. Установление и проверка гипотез о наличии (или отсутствии) аналита в пробе.
16. Определение необходимого и достаточного объема выборки для достижения заданной точности по неравенству Чебышева.
17. Линейная калибровка приборов. Калибровка по эталону.
18. Определение необходимого и достаточного объема выборки для достижения заданной точности.
19. Линейная регрессия в хемометрике. Сравнительный анализ метода наименьших квадратов и метода максимального правдоподобия.
20. Многомерный подход к анализу данных. Ковариантность измерений.
21. Какой физический смысл и в какой ситуации могут иметь коэффициенты уравнения структурной регрессии.
22. Наложение недостающих и избыточных данных в результатах измерения. Изменение положения данных относительно осей координат.
23. Модель факторного анализа. Смысл условия:
25. Масштабное и автомасштабное преобразование данных.
26. Метод вращения собственного вектора. Алгоритм определения собственных чисел и собственных векторов матрицы.
27. Методы и алгоритмы сжатия априорной информации.
28. Почему уравнение регрессии не содержит априорной информации? Каким образом выбирают базисные функции в методе линейной регрессии.
29. Каковы условия, позволяющие отличить сигнал аналита от сигнала фона.
30. Каковы причины появления корреляции переменных при выполнении операций нормирования и центрирования над векторами матрицы данных.
31. Как определить, можно ли принять выборочные параметры нормального распределения в качестве оценок генеральной совокупности.
32. Проекционные методы: проекция на латентные структуры.
33. Обнаружение аналитических сигналов. Неопределенность. Изменение расстояния между средними при уменьшении концентрации аналита. Правило 3
34. Калибровка. Проблема мультиколлинеарности. Подготовка данных.
35. Точечное оценивание предела обнаружения сигнала. Вероятность ошибки при сближении сигналов.
36. Классические методы калибровки: калибровка по одному каналу, метод Фирорда, непрямая калибровка.
37. Ошибки обнаружения аналита I и II рода. Кайзеровский предел обнаружения сигнала.
38. Обратная калибровка: множественная линейная регрессия, пошаговая калибровка.
39. Точечное оценивание предела обнаружения t-тестом.
40. Регрессия на латентные структуры (два варианта, отличия).
41. Критерий Вилкоксона. Точность предела обнаружения.
42. Классификация. Постановка задачи. Основные методы. Проверка гипотез.
43. Сглаживание данных. Методы блочного усреднения, движущегося окна и полиномиального сглаживания данных.

44. Проскутов анализ.
 45. Регрессионный анализ. Метод наименьших квадратов.
 46. Линейный дискриминантный анализ.
 47. Регрессионный анализ. Метод максимального правдоподобия.
 48. Итерационный целевой факторный анализ.
 49. Проекционные методы: метод главных компонент.
 50. Чередующиеся наименьшие квадраты.
 51. Калибровка (градуирование): определение и решаемые практические задачи.
- Математическая постановка задачи калибровки.
52. Формальное независимое моделирование аналогий классов.
 53. Линейные и нелинейные методы калибровки: области применения. Проверка моделей.
 54. Метод k-ближайших соседей.
 55. Оценка качества моделей в хемометрике. Основные применяемые оценки, что они отражают.
 56. Оконный факторный анализ.
 57. Калибровка: неопределенность, точность, воспроизводимость. Недооценка и переоценка параметров: Н-принцип.
 58. Кластеризация с помощью k-средних.
 59. Классификация. Подготовка данных. Ошибки. Обучение и проверка.
- Проклятие размерности.
60. Эволюционный факторный анализ.
 61. Постановка задачи разрешения многомерных кривых. Неопределенность.
 62. Квадратичный дискриминантный анализ.
 63. Методы разрешения многомерных кривых. PLS-дискриминация.

8.4 Структура и примеры билетов для зачёта с оценкой (1 семестр)

Зачёт с оценкой по дисциплине «Хемометрика» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачёта с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 15 баллов, второй – 25 баллов.

Пример билета для зачёта с оценкой:

«Утверждаю» зав. кафедрой ХФИ _____ (Подпись) Н.В. Меньшутина (И.О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Кафедра химического и фармацевтического инжиниринга 28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Дисциплина «Хемометрика наносистем»

Билет № 1

1. Линейная регрессия в хемометрике. Сравнительный анализ метода наименьших квадратов и метода максимального правдоподобия.
2. Многомерный подход к анализу данных. Ковариантность измерений.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Шачнева, Е. Ю. Хемометрика. Базовые понятия : учебное пособие / Е. Ю. Шачнева. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 160 с. — ISBN 978-5-8114-2301-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212495> (дата обращения: 27.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Гордиенко М.Г. Основы работы и программирования в среде MATLAB: учеб. пособие // М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. – 2015. – 79 с., ISBN 978-5-7237-1259-1.

Б. Дополнительная литература

1. Шараф М.А. Хемометрика./ М.А. Шараф, Д.Л. Иллмэн, Б.Р. Ковальски. – Л.: Химия. 1989. – 272 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.
- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- «Журнал аналитической химии», ISSN 0044-4502;
- «Химическая технология», ISSN 1684-5811;
- «Контроль качества продукции», ISSN 2541-9900;
- «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», ISSN 2073-0004;
- «Программные продукты и системы», ISSN 2311-2735.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.
- Платформа Springer Link: <https://rd.springer.com>.

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей 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 обработки информации с применением методов хемометрики.

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, к вебинарам или онлайн- конференциям (webinar.ru, zoom.us), к каналам, содержащим видео-презентации.

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 01.01.2024 составляет 1 559 436 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 *«Хеометрика наносистем»* проводятся в форме лекций, лабораторных и практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Для изучения дисциплины *«Хеометрика наносистем»* имеется лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для магистрантов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине *«Хеометрика наносистем»* 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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами, проекторы, экраны; аудитории со стационарными комплексами отображения информации с любого электронного носителя;

WEB-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, программы; методические рекомендации к практическим занятиям; каталоги типов и видов продукции из неметаллических материалов; каталоги продукции промышленных предприятий; раздаточный материал к лекционным курсам; учебные фильмы по процессам технологии и способам производства отдельных видов изделий; электронные учебные издания по дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, научно-популярные электронные издания.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры химического и фармацевтического инжиниринга для магистрантов, довольно 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.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
3.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА- 223/2024	-	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую

				версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Обнаружение и обработка сигналов. Проекционные методы анализа данных.	<i>Знает:</i> предмет и методы хемометрики; основы теории и методы измерений; методы обнаружения и обработки сигналов. <i>Умеет:</i> интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных; выполнять статистическую обработку информации. <i>Владеть:</i> практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.	Оценка за лабораторные работы №1- 2 Оценка за самостоятельную работу №1 Оценка за домашнюю работу №1 Оценка на зачет с оценкой
Раздел 2. Градуирование (калибровка)	<i>Знает:</i> предмет и методы хемометрики; методы обнаружения и обработки сигналов; смысл операции градуирования и применяемые методы; основные свойства корреляционной матрицы; структурные методы регрессионного анализа <i>Умеет:</i> интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных; выполнять статистическую обработку информации; выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе; разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации. <i>Владеть:</i> методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомерных (многомерных) данных; практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.	Оценка за лабораторные работы №3-4 Оценка за Самостоятельные работы №2-3 Оценка за зачет с оценкой

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 3. Классификация	<i>Знает:</i> предмет и методы хемометрики; методы распознавания образов, кластерного анализа. <i>Умеет:</i> интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных; выполнять статистическую обработку информации выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе; разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации; разрабатывать и применять алгоритмы автоматической классификации. <i>Владеть:</i> методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомерных (многомерных) данных; практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.	Оценка за лабораторные работы №5- 6 Оценка за самостоятельную работу №4 Оценка на зачет с оценкой
Раздел 4. Разрешение многомерных кривых	<i>Знает:</i> предмет и методы хемометрики; методы обнаружения и обработки сигналов; назначение стохастического факторного анализа, устойчивость статистического оценивания; методы разложения сложных сигналов на простые. <i>Умеет:</i> интерпретировать результаты измерений, оценивать их погрешность, формировать матрицы данных; выполнять статистическую обработку информации; выбирать адекватный метод градуирования и применять калибровочные кривые в химическом анализе; разрабатывать и практически применять алгоритмы обработки информации; разрабатывать и практически применять алгоритмы различных вариантов факторного анализа; определять сложность сигналов и выполнять их разрешение. <i>Владеет:</i> методами эксплуатации современного информационного оборудования для обработки многомерных (многомерных) данных; практикой применения пакетов прикладных программ по изученной дисциплине.	Оценка за лабораторные работы №7-8 Оценка за самостоятельную работу №5 Оценка за домашнюю работу №2 Оценка на 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 высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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
«Хеометрика наносистем»
основной образовательной программы – программа магистратуры
по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия
магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»
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»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Молекулярная биофизика и бионанотехнологии»**

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена доцентом кафедры химического и фармацевтического инжиниринга, к.т.н., доцентом Е.В. Гусевой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга «29» августа 2024 г., протокол № 12.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Нанотехнологии** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Химического и фармацевтического инжиниринга** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Молекулярная биофизика и бионанотехнологии»** 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, физической химии, нанотехнологии в биотехнологии, математического и компьютерного моделирования, а также численных методов решения уравнений математических моделей.

Цель дисциплины – изучение студентами основных положений и концепций молекулярной биофизики, учитывая атомный состав живых организмов, специфические особенности биомолекулярных систем и биомолекулярной механики, ознакомление с основными принципами и механизмами ферментативного катализа; рассмотрение основных концепций и направлений развития бионанотехнологий, включая структурные и функциональные принципы бионанотехнологий; ознакомление с основными подходами к молекулярному моделированию.

Задачи дисциплины:

- изучение основных положений и концепций субклеточной и молекулярной биофизики, базовых представлений биофизики сложных систем и биоэнергетики;
- изучение специфических особенностей биомолекулярных систем и биомолекулярной механики;
- изучение строения и функций биомембран;
- изучение основных положений ферментативного (био) катализа, механизмов и кинетики ферментативных реакций;
- изучение основных концепций и направлений развития бионанотехнологии, подходов к созданию бионаномашин;
- изучение основных аналитических методов, используемых в бионанотехнологии;
- изучение структурных и функциональных принципов бионанотехнологии.

Дисциплина **«Молекулярная биофизика и бионанотехнологии»** преподается во 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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				
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-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов	Профессиональный стандарт «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 С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
			ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	

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
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 к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	

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
– Планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации. – Участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем nanoинженерии	– Методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе. – Наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	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 D: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)
			ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	

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
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий nanoиндустрии	Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.02.2014 № 72н. С: Процессы жизненного цикла продукции (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н. С: Процессы жизненного цикла продукции (уровень квалификации – 7)
			ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопродукции	
			ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные положения и концепции молекулярной биофизики, основные концепции и направления развития бионанотехнологии;
- специфические особенности биомолекулярных систем и биомолекулярной механики;
- основные группы биологических соединений (аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды);
- основные пакеты программ, используемые для молекулярного моделирования.

Уметь:

- анализировать физические взаимодействия в биосистемах, учитывая особенности ковалентных и нековалентных взаимодействий;
- анализировать структуру биомолекул на основе структурных и функциональных принципов бионанотехнологии;

Владеть:

- основными принципами и подходами для проведения расчетов по ферментативной кинетике;
- основными подходами для расчета кинетики трансмембранного транспорта.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	ЗЕ	Акад. ч.	
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	5	180	135
Контактная работа (КР):	1,88	68	51
Лекции (Лек)	0,94	34	25
Лабораторные занятия (Лаб)	0,94	34	25
Практические занятия (ПЗ)			
Самостоятельная работа (СР):	2,12	76	60
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,12	76	60
Вид контроля:	Экзамен		
Экзамен	1	36	27

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

		Акад. часов			
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	Введение	0,5	0,5	—	—
1	Раздел 1. Основы и особенности молекулярной биофизики биосистем	18	2	—	13
1.1	Основные положения и концепции субклеточной и молекулярной биофизики	7	1	—	6
1.2	Основы цитологии. Специфика живой материи	11	1	—	7
2	Раздел 2. Основные группы биологических соединений	35	6	12	11
2.1	Основные группы биологических соединений	16	3	4	6
2.2	Пространственная организация биополимеров	11	1	4	3
2.3	Строение биомембран	8	2	4	2
3	Раздел 3. Биотермодинамика и ферментативная кинетика	29	4	4	17
3.1	Основы биотермодинамики	8	1	—	7
3.2	Ферментативный биокатализ	12	2	2	6
3.3	Пассивный и активный трансмембранный транспорт	9	1	2	4
4	Раздел 4. Бионанотехнологии. Основные концепции и направления развития	61	4	18	35
4.1	Структурные и функциональные принципы бионанотехнологии. Биосенсоры.	21	1	8	10
4.2	Основные аналитические методы и оборудование в бионанотехнологии	12	2	—	10
4.3	Предсказание структуры и функций макромолекул. Элементы биоинформатики.	28	1	10	15
	Заключение	0,5	0,5	—	—
	ИТОГО	144	17	34	76

	Экзамен	36			
	ИТОГО	180			

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение

Основные понятия и определения. Особенности и различия бионанотехнологии и нанобиотехнологии. Нанобиотехнология в биотехнологии. Размеры биологических наноструктур.

Раздел 1. Основы и особенности молекулярной биофизики биосистем

1.1. Основные положения и концепции субклеточной и молекулярной биофизики. Общие положения биофизики белков и нуклеиновых кислот. Базовые представления биофизики сложных систем и биоэнергетики. Общие положения физиологической и анатомической биофизики. Основные концепции биофизики среды обитания.

1.2. Основы цитологии. Специфика живой материи. Клетка. Клеточная теория. Атомный состав живых организмов. Специфические особенности биомолекулярных систем. Специфика биомолекулярной механики. Принципы молекулярного узнавания Крейна. Энергетическое сопряжение. Физические взаимодействия в биосистемах. Особенности ковалентных связей в биомолекулах. Особенности нековалентных взаимодействий. Комбинаторный характер молекулярного разнообразия.

Раздел 2. Основные группы биологических соединений

2.1 Основные группы биологических соединений. Аминокислоты. Классификация. Специальные аминокислоты. Белки. Иерархия белковых структур. Нуклеиновые кислоты. Структура нуклеиновых кислот. Углеводы. Классификация и структуры.

2.2 Пространственная организация биополимеров. Белковая глобула. Фолдинг белка. Фазовые переходы в белках.

2.3 Строение биомембран. Самосборка липидных структур. Межмолекулярные взаимодействия в биомембранах. Фазовые переходы липидов в биомембранах.

Раздел 3. Биотермодинамика и ферментативная кинетика

3.1 Основы биотермодинамики. Внутренняя энергия и степени свободы. Закон Больцмана. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Уравнение Майера. Энтропия. Второе начало термодинамики. Статистическое определение энтропии.

3.2 Ферментативный биокатализ. Основные положения ферментативного (био) катализа. Специфика биокатализаторов. Классификация ферментов. Специфика ферментативных реакций. Фермент-субстратный комплекс. Механизмы ферментативного катализа. Примеры ферментативных процессов. Механизмы и кинетика ферментативных реакций. Стационарная кинетика Михаэлиса-Ментен. Регуляция скоростей ферментативных реакций.

3.3 Пассивный и активный трансмембранный транспорт. Классификация видов пассивного транспорта. Уравнение Теорелла. Уравнение Нернста-Планка. Закон Фика. Пассивная (простая) диффузия через мембрану. Проницаемость фосфолипидной мембраны для различных молекул. Сравнение. Диффузия полярных молекул воды через мембрану. Транспорт через мембрану с помощью белков-транспортёров. Облегченная диффузия. Отличия облегченной диффузии от пассивной. Трансмембранный транспорт глюкозы. Поры в липидном бислое. Активный транспорт. Энергетические потенциалы биомембран. Мембранный потенциал. Потенциалы покоя. АТФ насосы. Уравнение Гольдмана. Уравнение Томаса

Раздел 4. Бионанотехнологии. Основные концепции и направления развития

4.1 Эволюционный и инженерный подход к созданию бионаномашин. Структурные принципы бионанотехнологии. Структура и стабильность биомолекул. Самоассемблирование и самоорганизация. Функциональные принципы бионанотехнологии. Информационно-управляемое ассемблирование бионаномашин.

Примеры бионаномашин. Рибосома как информационно-управляемый наноассемблер. Особенности и принципы химических нанотрансформаций в биосистемах. Биосенсоры.

4.2 Основные аналитические методы и оборудование в бионанотехнологии.

4.3 Моделирование макромолекул. Предсказание структуры и функций макромолекул. Элементы биоинформатики.

Заключение

Обобщение пройденного материала; рассматривается как полученные знания могут быть применены при проведении научных исследований в области использования молекулярной биофизики и бионанотехнологий. Подведение итогов курса.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	основные положения и концепции молекулярной биофизики, основные концепции и направления развития бионанотехнологии	+			+
2	специфические особенности биомолекулярных систем и биомолекулярной механики	+			
3	основные группы биологических соединений (аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды)		+	+	+
4	основные пакеты программ, используемые для молекулярного моделирования				+
	Уметь:				
5	анализировать физические взаимодействия в биосистемах, учитывая особенности ковалентных и нековалентных взаимодействий	+	+	+	+
6	анализировать структуру биомолекул на основе структурных и функциональных принципов бионанотехнологии	+	+		+
	Владеть:				
7	основными принципами и подходами для проведения расчетов по ферментативной кинетике			+	
8	основными подходами для расчета кинетики трансмембранного транспорта	+	+	+	+
	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
9	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов	+	+	+
10	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора,		+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ.				
11	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов			+	+
12	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	+	+	+	+
13	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	+	+	+	+
14	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий наноиндустрии	+	+	+	+
15	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопродукции		+	+	+
16	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине «Молекулярная биофизика и бионанотехнологии» не предусмотрены.

6.2. Лабораторные занятия

Предусмотрены лабораторные занятия обучающегося в магистратуре в объеме 34 акад. ч.

№	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных занятий	Часы
1	2, 4	Работа с базами данных по биологическим соединениям https://www.ncbi.nlm.nih.gov/ . Сбор информации по гену, кодирующему конкретный белок	8
2	2, 4	Работа с базой UNIPROT https://www.uniprot.org/	8
3	4	Работа с программами по выравниванию аминокислотных последовательностей: BLAST https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi ; Clustal Omega https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo/	8
4	3	Расчет кинетики ферментативного катализа для реакций с разными ферментами. Расчет концентраций основных ионов при трансмембранном переносе.	4
5	2, 4	Работа базой данных RCSB Protein Data Bank (открытый доступ в интернете). Разбор конкретных примеров по структуре белковых соединений https://www.rcsb.org/	6
		ИТОГО	34

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Молекулярная биофизика и бионанотехнологии» предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 76 акад. 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 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. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(РАЗДЕЛ ВЫПОЛНЕН В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ)

Для текущего контроля освоения дисциплины предусмотрены следующие оценочные средства: реферат (максимальная оценка – 18 баллов), 3 контрольные работы (максимальная оценка за каждую работу – 4 балла, всего за 3 работы – 12 баллов), задания для лабораторных работ (максимальная оценка за каждое задание – 6 баллов, всего за 5 заданий – 30 баллов). Итоговой формой контроля освоения дисциплины является экзамен.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

1. Структура и конформация биомолекул.
2. Специфика живой материи. Клетка. Клеточная теория.
3. Атомный состав живых организмов.
4. Физические взаимодействия в биосистемах.
5. Строение и классификация углеводов.
6. Углеводы. Оптическая изомерия в углеводах.
7. Углеводы. Стереизомеры.
8. Углеводы. Основные моносахариды.
9. Биологические полисахариды. Особенности строения. Простые и сложные углеводы. Применение.
10. Особенности строения аминокислот. Классификация. Применение.
11. Строение и функции липидов.
12. Белки. Особенности образования. Пептидная связь. Структуры белков. Конформации.
13. Белки. Белковый фолдинг. Понятие убиквитирования.
14. Структура молекулы РНК. Виды. Функции.
15. Классификация ферментов. Оксидоредуктазы.
16. Классификация ферментов. Трансферазы.
17. Классификация ферментов. Гидролазы.
18. Классификация ферментов. Лиазы.
19. Классификация ферментов. Изомеразы.
20. Классификация ферментов. Лигазы (синтетазы).
21. Строение биологических мембран.
22. Пores в липидном бислое.
23. АТФ насосы. Примеры. Уравнение Гольдмана. Уравнение Томаса.
24. Основные положения и концепции субклеточной биофизики.
25. Принципы молекулярного узнавания Крейна.
26. Основы биотермодинамики. Внутренняя энергия и степени свободы.
27. Закон Больцмана. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Уравнение Майера.
28. Энтропия. Второе начало термодинамики. Статистическое определение энтропии.
29. Реакция ферментативного катализа.
30. Два механизма ферментативного катализа: кислотно-основной и ковалентный.
31. Строение биологических мембран.
32. Пассивный и активный трансмембранный транспорт.
33. Уравнение Нернста-Планка.
34. Закон Фика.

35. Диффузия полярных молекул воды через мембрану.
36. Облегченная диффузия.
37. Энергетические потенциалы биомембран.
38. Мембранный потенциал.
39. Потенциалы покоя.
40. Эволюционный и инженерный подход к созданию бионаномашин.
41. Самоассемблирование и самоорганизация биомолекул.
42. Бионанотехнологии в фармацевтике. Получение рекомбинантных белков.
43. Микробиологические системы для нанобиотехнологии.
44. Биосенсоры.
45. Методы структурного анализа.
46. Методы микроскопии.
47. Методы оптической спектроскопии.
48. Масс-спектрометрия. Ионизация образцов.
49. Моделирование макромолекул. Пакеты программ. Описание.
50. Матрицы Blosum и PAM при выравнивании близко родственных последовательностей, назначение и отличия.

8.2. Примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольные работы.

Контрольная работа № 1

Максимальная оценка – 4 балла

1. Особенности и различия бионанотехнологии и нанобиотехнологии. Нанобиотехнология в биотехнологии.
2. Структура и конформация биомолекул. Взаимосвязь структуры и функции молекул. Конформационные переходы. Межмолекулярное связывание.
3. Строение и классификация углеводов.
4. Третичная и четвертичная структуры белков. Белковый фолдинг. Примеры. Понятие убиквитирования.

Контрольная работа № 2

Максимальная оценка – 4 балла

1. Основы биотермодинамики. Внутренняя энергия и степени свободы
2. Классификация ферментов. Оксидоредуктазы.
3. Реакция ферментативного катализа в общем виде, описание механизма (стадии).
4. Пассивный и активный трансмембранный транспорт. Классификация видов пассивного транспорта. Уравнение Теорелла.

Контрольная работа № 3

Максимальная оценка – 4 балла

1. Эволюционный и инженерный подход к созданию бионаномашин. Структурные принципы бионанотехнологии.
2. Бионанотехнологии в фармацевтике. Получение рекомбинантных белков. Технология рекомбинантных ДНК.
3. Биосенсоры. Понятие биосенсоров. Классификации биосенсоров. Требования к биосенсорам.
4. Методы структурного анализа. Рентгеновская кристаллография.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен, 2 семестр)

1. Особенности и различия бионанотехнологии и нанобиотехнологии. Нанобиотехнология в биотехнологии.
2. Понятие биофизики. История развития.
3. Разделы биофизики. Российская и европейская классификация. История.
4. Структура и конформация биомолекул. Взаимосвязь структуры и функции молекул. Конформационные переходы. Межмолекулярное связывание.
5. Основные положения и концепции субклеточной биофизики.
6. Общие положения биоэнергетики (понятия биотермодинамики и биокинетики).
7. Общие положения физиологической и анатомической биофизики (биомеханика).
8. Концепция бифизики среды обитания.
9. Специфика живой материи. Клетка. Клеточная теория.
10. Атомный состав живых организмов.
11. Специфика биомолекулярной механики. Гравитация и инерция. Атомная гранулярность. Тепловое движение.
12. Принципы молекулярного узнавания Крейна.
13. Физические взаимодействия в биосистемах. Особенности ковалентных связей в биомолекулах.
14. Физические взаимодействия в биосистемах. Особенности нековалентных взаимодействий.
15. Строение и классификация углеводов.
16. Оптическая изомерия в углеводах. Примеры.
17. Углеводы. Стереизомеры. Примеры.
18. Основные моносахариды.
19. Биологические полисахариды. Особенности строения. Простые и сложные углеводы. Применение.
20. Особенности строения аминокислот. Классификация. Применение.
21. Особенности образования белков. Пептидная связь. Структуры белков. Первичная и вторичные структуры белков. Конформации
22. Третичная и четвертичная структуры белков. Белковый фолдинг. Примеры. Понятие убиквитирования.
23. ДНК. Фосфородиэфирная связь. Правило Э.Чаргаффа. Комплементарность. Уровни компактизации ДНК. Основные функции.
24. Структура молекулы РНК. Виды. Функции.
25. Строение и функции липидов.
26. Основы биотермодинамики. Внутренняя энергия и степени свободы.
27. Закон Больцмана. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Уравнение Майера.
28. Энтропия. Второе начало термодинамики. Статистическое определение энтропии.
29. Понятие ферментативного биокатализа. Основные понятия энзимологии. Специфические черты биокатализаторов. Понятие активного центра.
30. Классификация ферментов. Оксидоредуктазы.
31. Классификация ферментов. Трансферазы.
32. Классификация ферментов. Гидролазы.
33. Классификация ферментов. Лиазы.
34. Классификация ферментов. Изомеразы.
35. Классификация ферментов. Лигаза (синтетаза).

36. Реакция ферментативного катализа в общем виде, описание механизма (стадии).
37. Модели фермент-субстратного связывания, модель "ключ-замок" Фишера.
38. Модели фермент-субстратного связывания модель "рука-перчатка" Кошланда.
39. Описать два механизма ферментативного катализа: кислотно-основной и ковалентный. Примеры.
40. Кинетика ферментативной реакции. Уравнение Михаэлиса-Ментена. Вывод уравнения.
41. Уравнение Михаэлиса-Ментена. Физический смысл константы Михаэлиса. Влияние температуры и pH на скорость ферментативной реакции.
42. Строение биологических мембран.
43. Пассивный и активный трансмембранный транспорт. Классификация видов пассивного транспорта. Уравнение Теорелла.
44. Уравнение Нернста-Планка.
45. Закон Фика. Пассивная (простая) диффузия через мембрану. Проницаемость фосфолипидной мембраны для различных молекул. Сравнение.
46. Диффузия полярных молекул воды через мембрану. Транспорт через мембрану с помощью белков-транспортёров.
47. Облегченная диффузия. Отличия облегченной диффузии от пассивной. Трансмембранный транспорт глюкозы.
48. Поры в липидном бислое. Активный транспорт.
49. Энергетические потенциалы биомембран. Мембранный потенциал. Потенциалы покоя.
50. АТФ насосы. Примеры. Уравнение Гольдмана. Уравнение Томаса.
51. Эволюционный и инженерный подход к созданию бионаномашин. Структурные принципы бионанотехнологии.
52. Структура и стабильность биомолекул. Самоассемблирование и самоорганизация.
53. Функциональные принципы бионанотехнологии. Информационно-управляемое ассемблирование бионаномашин.
54. Примеры бионаномашин. Рибосома как информационно-управляемый наноассемблер.
55. Технология рекомбинантных ДНК.
56. Химический синтез ДНК.
57. Бионанотехнологии в фармацевтике. Получение рекомбинантных белков.
58. Микробиологические системы для нанобиотехнологии.
- Иммунодиагностика.
59. Особенности и принципы химических нанотрансформаций в биосистемах.
60. Биосенсоры. Понятие биосенсоров. Классификации биосенсоров. Требования к биосенсорам.
61. Классификация биосенсоров. Аналитические и калибровочные характеристики.
62. Устройство и принцип действия. Механизм действия. Примеры.
63. Классификация биосенсоров. Особенности по сравнению с химическим сенсором.
64. Электрохимический биосенсор.
65. Оптический биосенсор.
66. Гравиметрический биосенсор.
67. Методы структурного анализа. Рентгеновская кристаллография.
68. Электронный парамагнитный резонанс.

69. Ядерный магнитный резонанс.
70. Методы микроскопии. Электронная микроскопия.
71. Атомно-силовая микроскопия.
72. Туннельная микроскопия.
73. Методы оптической спектроскопии. Молекулярная спектроскопия.
74. Инфракрасная спектроскопия.
75. Спектроскопия в видимой и ультрафиолетовой областях.
76. Масс-спектрометрия. Ионизация образцов.
77. Электро-распылительная ионизация (ESI)/
78. Лазерно-десорбционная ионизация с участием конденсированной матрицы (MALDI)/
79. Анализаторы масс. Детектирование сигнала.
80. Программа BLAST для выравнивания родственных последовательностей.

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

8.4 Структура и пример билета для экзамена (2 семестр)

Экзамен по дисциплине «Молекулярная биофизика и бионанотехнологии» проводится в 2 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 3-х вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачёта с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 15 баллов, второй – 15 баллов, третий – 10 баллов. Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов.

Пример билета для экзамена:

«Утверждаю» зав. кафедрой ХФИ (Должность, наименование кафедры) Н.В. Меньшутина (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Кафедра химического и фармацевтического инжиниринга 28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии» Дисциплины «Молекулярная биофизика и бионанотехнологии» Билет № 1

1. Структура и конформация биомолекул. Взаимосвязь структуры и функции молекул. Конформационные переходы. Межмолекулярное связывание.
2. Классификация ферментов. Оксидоредуктазы.
3. Примеры бионаномашин. Рибосома как информационно-управляемый наноассемблер.

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.
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: 07.04.2024).

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.
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.
6. Огурцов А.Н. Биологические мембраны: учебное пособие/ А.Н. Огурцов. – Х. .: НТУ «ХПИ», 2012. – 368 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

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 – 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: 07.04.2024).
2. Лабораторное оборудование компании «БИОХИМПРО». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.biohimpro.ru (дата обращения: 07.04.2024).
3. Protein Data Bank. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rcsb.org/> (дата обращения: 07.04.2024)
4. Базы данных National Center for Biotechnology Information [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/> (дата обращения: 07.04.2024)
5. База белковых соединений UniProt [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.uniprot.org/> (дата обращения: 07.04.2024)
6. Программы по выравниванию аминокислотных последовательностей: BLAST и Clustal Omega [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>; <https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo/> (дата обращения: 07.04.2024)

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- конспекты лекций в формате *.pdf – 17;
- компьютерные презентации интерактивных лекций – 17;
- банк вариантов рефератов – 30;
- банк вариантов контрольных работ – 30;
- банк билетов для зачёта с оценкой – 30.

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 WhatsApp, групповые онлайн-конференции и индивидуальные онлайн-собеседования в MS Teams.

1. Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102162745&intelsearch=273-%D4%C7> (дата обращения: 14.04.2024).

2. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования // Координационный совет учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы. Портал Федеральных образовательных стандартов высшего образования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/fgosvo/152/150/25/> (дата обращения: 14.04.2024).

3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ». [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+-%EF%F0%E8%EA%E0%E7> (дата обращения: 14.04.2024).

4. Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов

на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 03.02.2014 № 72н.

5. Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н.

6. Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 08.09.2015 № 604н.

7. 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.

При освоении дисциплины студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

1. Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru> (дата обращения: 14.04.2024).

2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 14.04.2024).

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 01.01.2024 составляет 1 559 436 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.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Для изучения дисциплины «*Молекулярная биофизика и бионанотехнологии*» имеется лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для магистрантов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине «*Молекулярная биофизика и бионанотехнологии*» доступны учебные материалы. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины в виде презентаций. Доступны комплексы лабораторных работ, варианты заданий, электронный раздаточный материал к разделам лекционного курса.

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

На кафедре Химического и фармацевтического инжиниринга 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 Химического и фармацевтического инжиниринга 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

Для реализации дисциплины «*Молекулярная биофизика и бионанотехнологии*» на кафедре Химического и фармацевтического инжиниринга используются информационно-методические материалы: учебные пособия; электронные учебные пособия; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки к разделам дисциплин.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры Химического и фармацевтического инжиниринга для магистрантов, довольно 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.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013	24 лицензии для активации	бессрочная

		от 02.12.2013	на рабочих станциях	
2.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
3.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА- 223/2024	-	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12 ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы и особенности молекулярной биофизики биосистем	<i>Знает:</i> - основные положения и концепции молекулярной биофизики, основные концепции и направления развития бионанотехнологии; - специфические особенности биомолекулярных систем и биомолекулярной механики <i>Умеет:</i> - анализировать физические взаимодействия в биосистемах, учитывая особенности ковалентных и нековалентных взаимодействий; - анализировать структуру биомолекул на основе структурных и функциональных принципов бионанотехнологии. <i>Владеет:</i> - основными подходами для расчета кинетики трансмембранного транспорта	Оценка за контрольную работу 1. Оценка за реферат Оценка за экзамен.
Раздел 2.	<i>Знает:</i>	Оценка за

Основные группы биологических соединений	- основные группы биологических соединений (аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды); <i>Умеет:</i> - анализировать физические взаимодействия в биосистемах, учитывая особенности ковалентных и нековалентных взаимодействий; - анализировать структуру биомолекул на основе структурных и функциональных принципов бионанотехнологии. <i>Владеет:</i> - основными подходами для расчета кинетики трансмембранного транспорта	контрольную работу 1, 2. Оценка за лабораторную работу 1, 2, 5. Оценка за реферат Оценка за экзамен.
Раздел 3. Биотермодинамика и ферментативная кинетика	<i>Знает:</i> - основные группы биологических соединений (аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды); <i>Умеет:</i> - анализировать физические взаимодействия в биосистемах, учитывая особенности ковалентных и нековалентных взаимодействий. <i>Владеет:</i> - основными принципами и подходами для проведения расчетов по ферментативной кинетике; - основными подходами для расчета кинетики трансмембранного транспорта.	Оценка за контрольную работу 2. Оценка за лабораторную работу 4. Оценка за реферат Оценка за экзамен.
Раздел 4. Бионанотехнологии. Основные концепции и направления развития	<i>Знает:</i> - основные положения и концепции молекулярной биофизики, основные концепции и направления развития бионанотехнологии; - основные группы биологических соединений (аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды); - основные пакеты программ, используемые для молекулярного моделирования. <i>Умеет:</i> - анализировать структуру биомолекул на основе структурных и функциональных принципов бионанотехнологии;	Оценка за контрольную работу 3. Оценка за лабораторную работу 1-3, 5. Оценка за реферат Оценка за экзамен.

	- анализировать структуру биомолекул на основе структурных и функциональных принципов бионанотехнологии. <i>Владеет:</i> - основными подходами для расчета кинетики трансмембранного транспорта	

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 высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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
«Молекулярная биофизика и бионанотехнологии»
основной образовательной программы – программа магистратуры
по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия
магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»
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»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Основы создания нанообъектов и наноструктурированных
материалов»**

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена: профессором кафедры химического и фармацевтического инжиниринга, д.т.н., доцентом М.Г. Гордиенко

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга «29» августа 2024 г., протокол № 12.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Наноинженерия** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой Химического и фармацевтического инжиниринга РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Основы создания нанобъектов и наноструктурированных материалов»** 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 коллоидной химии, физической химии, материаловедения, математического моделирования.

Цель дисциплины «Основы создания нанобъектов и наноструктурированных материалов» - формирование у студентов представления об основах создания нанобъектов и наноструктурированных материалов, с учетом термодинамических явлений, возникающих на границе раздела фаз, методов и способов стабилизации коллоидных систем, явлений самоорганизации, диффузии и агрегации нанобъектов в коллоидных системах. Отдельно студенты знакомятся с математическими законами, описывающими процессы зарождения и роста нанобъектов, формирования и стабилизации самоорганизующихся систем, поведение коллоидов.

Задачи дисциплины:

- обучение магистрантов теоретическим основам и методам получения нанобъектов и наноструктурированных материалов с учетом процессов и явлений, происходящих на границе раздела фаз;
- обучение магистрантов термодинамическим основам таких явлений, как плавление нанофазы и ее растворение, зарождение и рост кристалла, диффузия и агрегация, смачивание и др.;
- обучение магистрантов практическим навыкам прогнозирования поведения наносистем в зависимости от размера дисперсной фазы и условий среды;
- обучение магистрантов практическим навыкам решения задач в предметной области;
- ознакомление магистрантов с основами поведения коллоидных систем.

Дисциплина **«Основы создания нанобъектов и наноструктурированных материалов»** преподаётся в 3 семестре и заканчивается экзаменом. 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 **«Основы создания нанобъектов и наноструктурированных материалов»** при подготовке магистров по направлению подготовки **28.04.02 Наноинженерия**, магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии» 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				
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-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их	ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	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 С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

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
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-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов	Профессиональный стандарт «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 С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)
			ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	

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
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 к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов	
– Планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования	– Методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе.	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров	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 D: Руководство

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
объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации. – Участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии	– Наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	использованием современной вычислительной техники	ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур. D/01.7: Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 7)
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе;	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры	ПК-5.1 Знает физико-химические основы процессов и технологий nanoиндустрии	Профессиональный стандарт 40.004 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от

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
профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий	– наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники	технологических операций	ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопroduкции	03.02.2014 № 72н. С: Процессы жизненного цикла продукции (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт 40.020 «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.04.2014 № 234н. С: Процессы жизненного цикла продукции (уровень квалификации – 7)
			ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий	

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов;
- влияние размера нанобъектов и нанофазы на их свойства;
- принципы и методы стабилизации коллоидных наносистем и наноструктурированных жидкостей;
- коллоидные основы синтеза нанобъектов;
- понятие и классификацию поверхностно-активных веществ, принципы явления самоорганизации нанобъектов и их применения для синтеза наноструктурированных материалов;
- основы поведения коллоидных систем;
- особенности диффузии и агрегации нанобъектов в коллоидных системах.

Уметь:

- выбирать методы синтеза нанобъектов и наноструктурированных материалов в зависимости от требуемых задач;
- регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов;
- математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов;
- выбирать методы стабилизации коллоидных систем и наноструктурированных жидкостей.

Владеть:

- понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на границе раздела фаз;
- математическим аппаратом, применяемым для описания в наносистемах явлений зарождения, роста, агрегации, агломерации, а также стабилизации таких систем.

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	6	216	162
Контактная работа (КР):	2,36	85	63,75
Лекции (Лек)	0,47	17	12,75
Лабораторные занятия (Лаб)	0,94	34	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
Самостоятельная работа (СР):	2,64	95	71,25
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,64	95	71,25
Вид контроля:	Экзамен		
Экзамен	1	36	27

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий для магистрантов

№	Раздел дисциплины	Акад. часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	Введение	0,5	0,5	0	0	0
1.	Раздел 1. Термодинамические явления на границе раздела фаз	27	2	5	5	15
2.	Раздел 2. Стабилизация дисперсных систем, наноструктурированные жидкости	31	3	6	6	16
3.	Раздел 3. Синтез наноразмерных объектов	31	3	6	6	16
4.	Раздел 4. Поверхностно-активные вещества, явления самоорганизации и применение ПАВ для получения наноструктурированных материалов	31	3	6	6	16
5.	Раздел 5. Поведение коллоидных систем	30	3	5,5	5,5	16
6.	Раздел 6. Явления диффузии и агрегации нанообъектов в коллоидных системах	29	2	5,5	5,5	16
	Заключение	0,5	0,5	0	0	0
	ИТОГО	180	17	34	34	95
	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. Термодинамические явления на границе раздела фаз

В рамках данного раздела рассматриваются термодинамические основы явлений, возникающих на границе раздела основной и нанофазы, зависимости между размерами нанобъектов и их свойствами, зародышеобразование и рост кристалла, энергия Гиббса для капиллярных систем, основы статической термодинамики.

Раздел 2. Стабилизация дисперсных систем, наноструктурированные жидкости

В рамках данного раздела рассматриваются основы коллоидной химии, в том числе теорию ДЛВО и основы стабилизации коллоидных систем ПАВ-ми. Изучаются такие методы стабилизации наночастиц, как покрытие их лигандами, включая фосфолипиды и ПАВ, химическая модификация поверхности. Дополнительно рассматриваются методы измерения и оценки степени агрегации нанобъектов.

Раздел 3. Синтез наноразмерных объектов

В рамках данного раздела обучаемые знакомятся с методами получения наночастиц. Подробно рассматриваются явления зародышеобразования, роста, включая их математическое описание. Также рассмотрены способы контроля формы получаемых нанобъектов: нанокристаллов и наночастиц.

Раздел 4. Поверхностно-активные вещества, явления самоорганизации и применение ПАВ для получения наноструктурированных материалов

В рамках данного раздела обучаемые знакомятся с видами ПАВ, стабилизаторов и блочных со-полимеров, используемых при синтезе нанобъектов. Рассматриваются явления адсорбции и самоорганизации на границе раздела фаз, методы стабилизации наномульсий, нанопен, и твердых нанодисперсий.

Раздел 5. Поведение коллоидных систем

В данном разделе обучаемые знакомятся с поведением коллоидных систем, коллоидных и жидких кристаллов, поведением двойных и тройных систем, включающих ПАВ или амфифильные блочные со-полимеры. Отдельно рассматривается поведение фаз в микроэмульсиях.

Раздел 6. Явления диффузии и агрегации нанобъектов в коллоидных системах

В данном разделе рассматриваются термодинамические основы явлений диффузии и агрегации, различные способы оценки коэффициента диффузии в наносистемах.

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
	Знать:						
1	термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов	+	+	+	+	+	+
2	влияние размера нанобъектов и нанофазы на их свойства	+	+	+			+
3	принципы и методы стабилизации коллоидных		+		+	+	

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	наносистем и наноструктурированных жидкостей						
4	коллоидные основы синтеза нанобъектов	+	+	+	+	+	+
5	понятие и классификацию поверхностно-активных веществ, принципы явления самоорганизации нанобъектов и их применения для синтеза наноструктурированных материалов		+		+	+	
6	основы поведения коллоидных систем		+		+	+	
	Уметь:						
7	выбирать методы синтеза нанобъектов и наноструктурированных материалов в зависимости от требуемых задач			+	+	+	+
8	регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов	+	+	+	+	+	+
9	математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов	+	+	+	+	+	+
10	выбирать методы стабилизации коллоидных систем и наноструктурированных жидкостей		+		+	+	
	Владеть:						
11	понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на границе раздела фаз	+	+		+	+	+
12	математическим аппаратом, применяемым для описания в наносистемах явлений зарождения, роста, агрегации, агломерации, а также стабилизации таких систем		+		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:							
13	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК					
14	ПК-1 Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их	ПК-1.3 Владеет приемами обработки, анализа, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов		+	+	+	+
15	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.1 Знает теорию эксперимента в области своей профессиональной деятельности и методики анализа явлений и процессов		+	+	+	+
16	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по	ПК-2.2 Умеет применять информационно-коммуникационные			+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ.						
17	ПК-3 Способен к анализу технологических процессов наноиндустрии	ПК-3.2 Умеет использовать модели для описания и прогнозирования параметров технологических процессов		+	+	+	+	+
18	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.1 Знает физико-химические характеристики различных видов наноматериалов и наноструктур и основные методы их исследования и измерения параметров	+	+	+	+	+	+
19	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.2 Умеет использовать расчётно-теоретические методы для изучения свойств наноматериалов и наноструктур и процессов с их участием	+	+	+	+	+	+
20	ПК-4 Способен применять расчётно-теоретические методы для обработки измерений параметров, изучения и модификации свойств наноматериалов и наноструктур с использованием современной вычислительной техники	ПК-4.3 Владеет навыками обработки измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	+	+	+	+	+	+
21	ПК-5 Способен осуществлять анализ	ПК-5.1 Знает физико-химические основы	+	+	+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6
	научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	процессов и технологий наноиндустрии						
22	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.2 Умеет измерять и контролировать параметры технологических операций процессов производства нанопродукции		+	+	+	+	+
23	ПК-5 Способен осуществлять анализ научных основ процессов и технологий производства нанопродукции, проводить измерения и контролировать параметры технологических операций	ПК-5.3 Владеет навыками анализа научных основ нанопроцессов, наносистем и нанотехнологий	+	+	+	+	+	+

6 ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1 Практические занятия

Предусмотрены практические занятия в объёме 34 акад. ч.

№	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Расчет энергии Гиббса. Определение значения температуры плавления. Расчет растворимости нанофазы в рассматриваемой системе.	3
2	1	Расчет показателя растекаемости и краевого угла смачиваемости.	2
3	2	Расчет энергии взаимодействия наночастиц в коллоидных растворах.	6
4	3	Расчет критического размера частиц при зародышеобразовании.	3
5	3	Расчет химического потенциала в перенасыщенных растворах.	3
6	4	Расчет константы мицеллообразования и параметра упаковки.	6
7	5	Расчет предельного размера капель масла в воде. Определение отношения площади границы раздела фаз к объёму, занимаемому нанофазой.	5,5
8	6	Расчет времени коагуляции и среднего размера	5,5

		агломерата.	
ИТОГО			34

6.2 Лабораторные работы

Лабораторный практикум по дисциплине «*Основы создания нанообъектов и наноструктурированных материалов*» выполняется в соответствии с Учебным планом в 3 семестре и занимает 34 акад ч (25,5 астр. ч). Лабораторные работы охватывают все разделы дисциплины. В практикум входит 8 работ. В зависимости от трудоёмкости включенных в практикум работ их число может быть уменьшено. Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Основы создания нанообъектов и наноструктурированных материалов*», а также способствует наработке практических навыков компьютерного моделирования процессов химической технологии и биотехнологии.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (максимально по 5 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

№	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных работ	Часы
1	1	Изучение влияние размеров нанопазы/нанообъекта на такие физико-химические свойства как точка плавления, растворимость нанопазы/нанообъекта	5
2	1	Изучение влияния физико-химических свойств нанопазы/нанообъекта на смачиваемость, растекаемость и угол контакта фаз	
3	2	Изучение зависимости потенциальной энергии взаимодействия от расстояния между коллоидными частицами в соответствии с теорией ДАВО. Условия стабилизации системы	6
4	3	Изучение явления зародышеобразования в растворах. Изучение влияния параметров на рост кристаллов в растворах	6
5	3	Изучение кинетики реакции в микрореакторах с применением трех моделей обмена веществом между мицеллами	
6	4	Изучение кинетики адсорбции ПАВ на границе раздела фаз	6
7	5	Расчет и построение фазовых диаграмм бинарных и тройных систем	5,5
8	6	Изучение явлений диффузии и агрегации в наносистемах	5,5
	ИТОГО		34

Лабораторная работа №1

Для заданного чистого вещества построить зависимости молярной энергии Гиббса для твердой, жидкой фаз и диспергированных частиц от температуры при условии, что давление среды постоянно. Средний размер наночастиц принять равным значениям из таблицы. Из условия равновесия химических потенциалов фаз определить температуры плавления диспергированных наночастиц и монолитной твердой фазы. Построить зависимость температуры плавления диспергированных наночастиц от их среднего размера. Сделать выводы о влиянии среднего размера частиц на изменения температуры плавления.

Для сферических наночастиц построить функцию изменения растворимости от среднего размера наночастиц при разных значениях поверхностного натяжения. Сделать выводы о том, как влияют размер частиц и поверхностное натяжение на границе раздела фаз на растворимость частиц.

Лабораторная работа №2

По заданным физико-химическим параметрам системы твердое-жидкость-пар определить угол смачиваемости, коэффициент смачиваемости и провести ранжирование систем по степени смачиваемости поверхности жидкостью. Сделать выводы как физико-химические свойства веществ влияют на смачиваемость гладкой поверхности заданного материала определенной жидкостью.

Основываясь на модельных представлениях Вензеля и Касье-Бакстера построить зависимости контактного угла от значений шероховатости поверхности. Объяснить «эффект лотоса».

Лабораторная работа №3

Основываясь на теории ДЛФО рассчитать изменение потенциальной энергии взаимодействия, предварительно рассчитав изменение ее составляющих, как функции расстояния между частицами. Рассмотреть два варианта: длинный и короткий дебаевский радиус. Отобразить расчеты графически. Рассчитать, как изменится потенциальная энергия поверхности при стабилизации наночастиц лигандами при заданном значении толщины поверхностного слоя. Сделать выводы.

Лабораторная работа №4

По входным данным, приведенным в таблице рассчитать, как размер частицы влияет на свободную энергию зародышеобразования. Отобразить полученные данные графически. Рассчитать и отобразить графически влияние степени пересыщения раствора мономера и температуры на движущую силу процесса зародышеобразования (разницу химических потенциалов мономера в растворе и кристалла). Сделать выводы о влиянии условий на процесс зародышеобразования. Рассчитать снижение энергетического барьера при гетерогенном зародышеобразовании.

По входным данным, приведенным в таблице, рассчитать, как критический размер частицы влияет на скорость роста кристалла. Построить графическую зависимость и выделить на ней разные режимы роста кристаллов. Дополнительно ответить на вопрос, какие параметры процесса кристаллизации влияют на форму образующегося кристалла.

Лабораторная работа №5

По входным данным, описывающим эмульсию рассчитать концентрационные профили веществ при протекании химической реакции для трех случаев:

1. При контакте мицелл происходит переход только 1 молекулы растворенных веществ в клетку с меньшей концентрацией;
2. Перемешивание происходит по принципу «слияние-разделение», т.е. концентрация растворимых веществ в мицеллах выравнивается мгновенно;
3. При контакте мицелл между ними формируется канал обмена, характеризующейся константой обмена, равной произведению числа молекул вещества в мицелле с более высоким содержанием данного вещества на псевдослучайное число, лежащее в диапазоне от 0 до 0.5.

По результатам оформить отчет. Сделать выводы о влиянии используемой модели на форму концентрационных профилей. Для каких случаев какая модель обмена подходит лучше?

Лабораторная работа №6

Построение зависимости величины адсорбции Γ от концентрации вещества и температуры. Сделать выводы.

Для приведенных молекул по табличным значениям определить значения гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ) и сделать вывод к какому классу ПАВ принадлежат молекулы.

Лабораторная работа №7

Построение фазовых диаграмм для раствора заданного полимера А, для смеси полимеров А и Б, для тройной системы из двух полимеров А и Б и растворителя, основываясь на положениях теории Флори-Хаггинса. Дать описание построенных фазовых диаграмм.

Лабораторная работа №8

Используя клеточно-автоматный подход смоделировать рост кластера для следующих случаев:

- а) агрегация, ограниченная диффузией; единственный центр роста кластера;
- б) агрегация, ограниченная диффузией; 10 центров роста кластеров (случайное расположение);
- в) агрегация, ограниченная скоростью реакции (вероятность реакции принять равной 0,25, 0,5 и 0,75); единственный центр роста кластера;
- г) агрегация, ограниченная скоростью реакции (вероятность реакции принять равной 0,25, 0,5 и 0,75); 10 центров роста кластера;

Для построенных кластеров определить их фрактальную размерность, сделать выводы о влиянии вида модели и параметров модели на получаемую структуру кластера.

7 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 95 акад. часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку к лабораторным работам;
- выполнение домашних работ согласно индивидуальному заданию;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы.

Домашние работы представляют собой набор вопросов по темам лекционных и практических занятий, направленных на проработку и закрепление навыков, а также оценку знаний. Каждая домашняя работа включает 3 вопроса. Ответы предполагаются в развернутой форме, объемом от $\frac{3}{4}$ до 1 страницы машинописного текста (кегель 14, одинарный междустрочный интервал). Ответы могут содержать поясняющие рисунки и схемы, выполненные как от руки, так и компьютерными средствами.

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 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

Реферативно-аналитическая работа не предусмотрена.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Текущий контроль освоения дисциплины проходит в форме написания и защиты домашних работ. Максимальная оценка составляет 10 баллов за каждую домашнюю

работу. Домашняя работа №1 охватывает 1-3 разделы дисциплины. Домашняя работа №2 охватывает 4-6 разделы дисциплины.

Примеры домашних работ

Домашняя работа № 1

Задание 1

Рассмотрите равновесные состояния системы иммобилизованных на твердой подложке биомолекул при ее погружении в водный раствор электролита (см. рисунок). Выразите в общем виде изменение энергии Гиббса в представленном цикле, приняв допущение, что биомолекула может находиться в зависимости от концентрации электролита только в двух конформациях: конформации А или конформации В.

Переход из конформации А в конформацию В может быть записан в форме обратимой реакции: $A + jC \leftrightarrow B$.

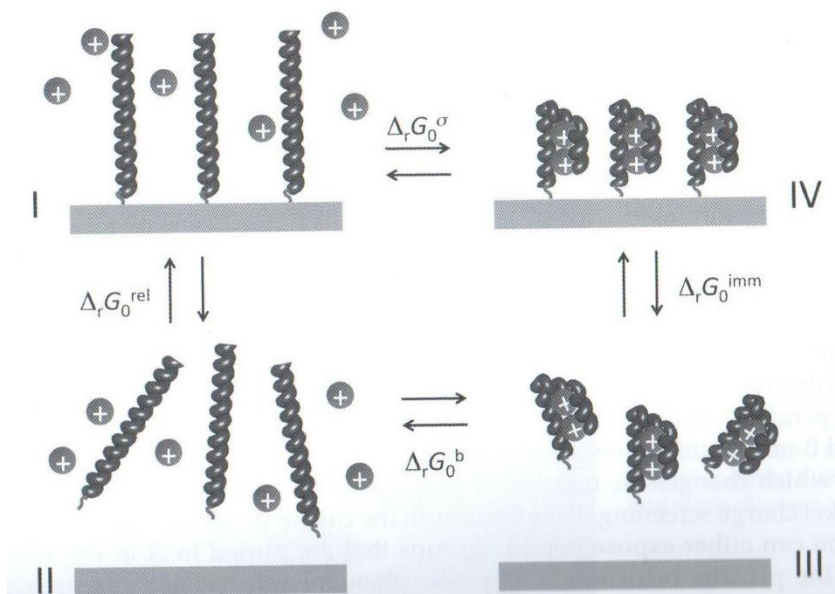


Рисунок к вопросу 1

Задание 2

К методам анализа степени агрегации наночастиц относят следующие методы: динамическое рассеяние света; турбидиметрия; электрофорез в геле; ультрацентрифугирование; колометрия.

Для каждого метода кратко поясните принцип измерения при анализе агломератов наночастиц.

Задание 3

На рисунке представлены кристаллы оксида цинка, полученные кристаллизацией из раствора при добавлении разных объемов уксусной кислоты.

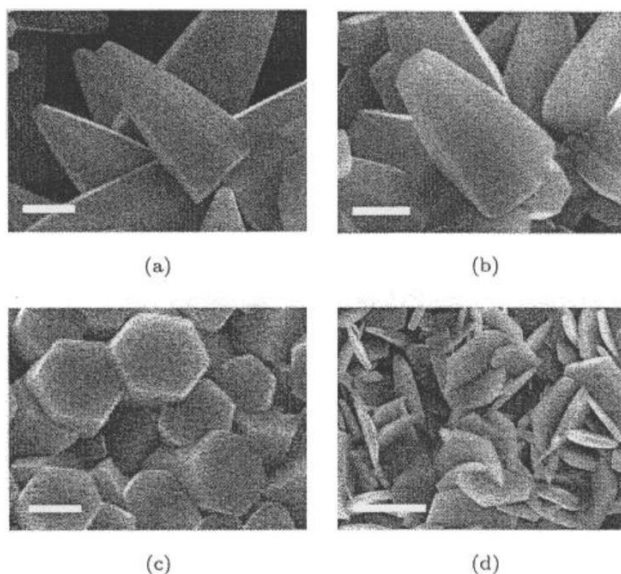


Рисунок к вопросу 3 (количества введенной уксусной кислоты увеличивается от (а) к (d))
Объясните причины изменения формы кристаллов.

Домашняя работа № 2

Задание 1

Самостоятельно изучите такие системы, как магнитные наносuspensions или магнитные жидкости. Что они из себя представляют и как формируются? Какую роль играют ПАВ при формировании магнитных наносuspensions? Как меняется величина магнитной восприимчивости в зависимости от объемной концентрации магнитных наночастиц? Чем обусловлено ограничение размера наночастиц, используемых в магнитных жидкостях?

Задание 2

Одним из методов формирования материалов на основе диоксида кремния, имеющих поры как мезо- так и макро-размеров, является проведение гелеобразования в среде двух несмешивающихся фаз (эмульсии). В ходе эксперимента было проведено исследование влияния соотношения водной фазы / ПАВ / масляной фазы на параметры получаемой пористой структуры. В качестве водной фазы использовались вода и водный силикат натрия (жидкое стекло, ЖС), масса которых во всех экспериментах была одинаковой (20 и 3 г соответственно); в качестве масляной фазы – н-парафины (н-П), масса которых варьировалась от 10 до 30 г с шагом в 10 г; в качестве поверхностно-активного вещества, стабилизирующего эмульсию и оказывающего дополнительный эффект на структурообразование, был взят додецилсульфат натрия (ДДСН), масса которого варьировалась от 1 до 3 г с шагом 1 г. Гелеобразование проводили в кислых условиях путем добавления к образцам 6 г концентрированного раствора соляной кислоты и выдерживания в течение 24 ч при температуре 100 С. Образцы промывали раствором соляной кислоты и этилового спирта, взятых в равных объемах, сушили при комнатной температуре и прокаливали при температуре 500 С. На рисунке приведены изображения образцов, полученные методом растровой электронной микроскопии.

Объясните причины изменения структуры материала с ростом:
а – количества вводимого н-парафина; б – количества вводимого ДДСН.

МФ, г	Количество ПАВ, г		
	1	2	3

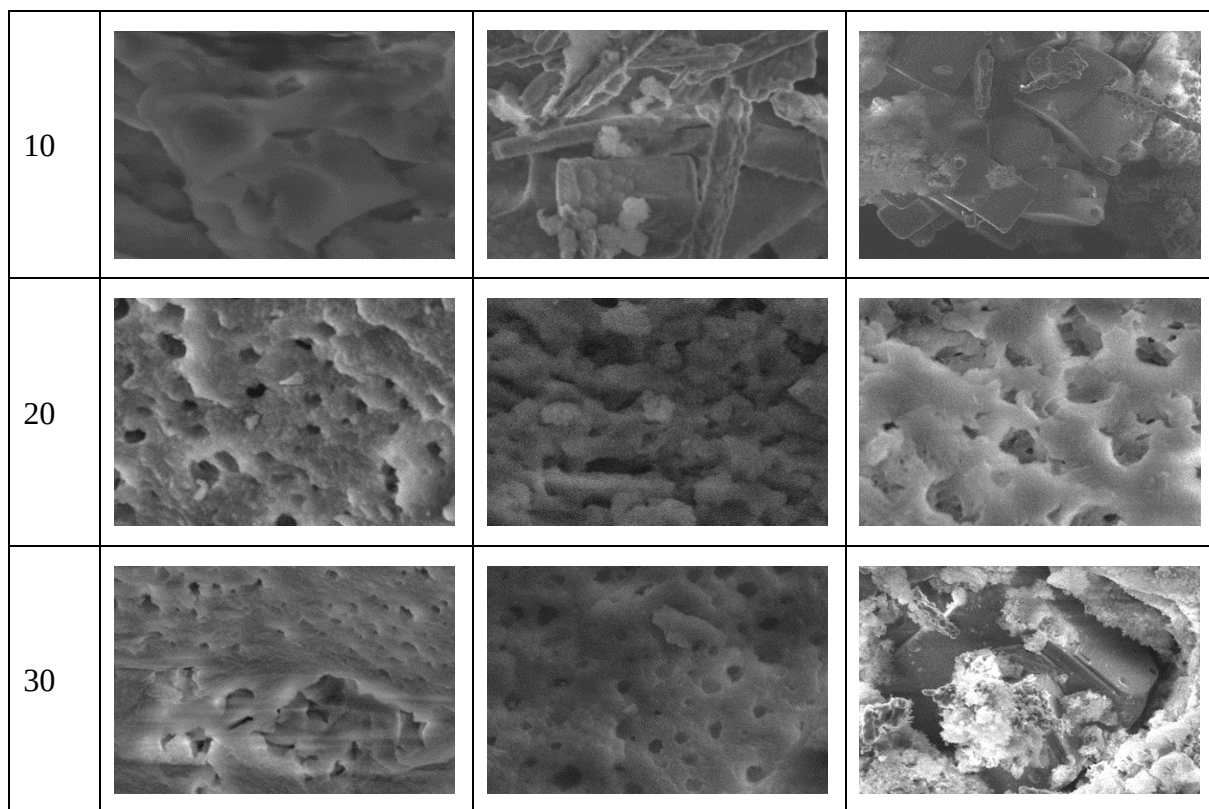


Рисунок к вопросу 2

Задание 3

На рисунке ниже приведены ТЭМ-изображения наночастиц Pd в коллоидном растворе, при условии формирования разного поверхностного заряда на частицах.

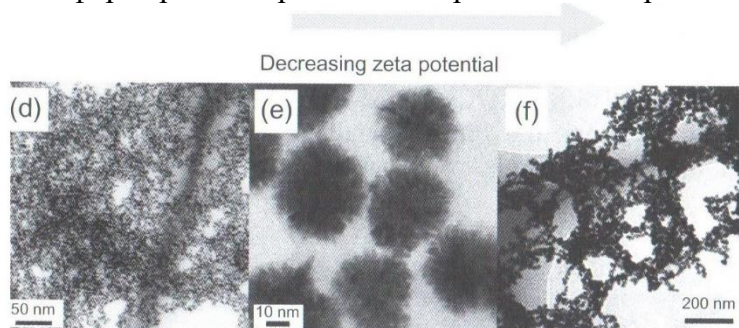


Рисунок к вопросу 3

Проанализируйте, что происходит при изменении поверхностного заряда частиц? Как зависит механизм агрегации от поверхностного заряда? Какое влияние на представленные системы окажет повышение температуры, разбавление системы растворителем, введение ПАВ, способствующего снижению поверхностного заряда частиц?

8.3 Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен, 3 семестр)

Экзамен по дисциплине включает контрольные вопросы и задания по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет включает 2 вопроса, оцениваемых по 20 баллов каждый.

Максимальная оценка – 40 баллов.

Примеры вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Термодинамические законы для системы с границей раздела фаз.
2. Влияние размера частиц нанопазы на температуру плавления и растворимость.

3. Краевой угол смачиваемости, показатель растекаемости. Супергидрофобные свойства наноматериалов.
4. Принципы и методы стабилизации коллоидных наносистем и наноструктурированных жидкостей.
5. Описание процесса зародышеобразования (гомогенное и гетерогенное) и роста кристаллов.
6. Влияние степени пересыщения раствора, температуры системы. Определение критических размеров кристалла.
7. Регулирование размера и формы кристалла.
8. Основные положения теории ДЛФО.
9. Понятие и классификация поверхностно-активных веществ. Гидрофильно-липофильный баланс.
10. Адсорбция ПАВ на границе двух несмешивающихся жидкостей. Адсорбция ПАВ на границе твердое-жидкость-газ.
11. Фазовые равновесия в растворах, их стабилизация. Микроэмульсии.
12. Понятия коллоидных и жидких кристаллов.
13. Явления диффузии и агрегации при получении наноматериалов.
14. Теория Смолуховского.
15. Агломерация, ограниченная диффузией. Агломерация, ограниченная реакцией. Фрактальная агломерация.

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

8.4 Структура и пример билетов для экзамена

Экзамен по дисциплине **«Основы создания нанобъектов и наноструктурированных материалов»** проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам: 1 вопрос по разделам 1-3, 2 вопрос – по разделам 4-6. Ответы на вопросы экзамена оцениваются из максимальной оценки 40 баллов по 20 баллов за вопрос.

Пример билета для экзамена:

<i>«Утверждаю»</i> <i>зав. кафедрой ХФИ</i> _____ (Должность, наименование кафедры) _____ Н.В. Меньшутина (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Кафедра химического и фармацевтического инжиниринга 28.04.02 Наноинженерия Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии» Дисциплина «Основы создания нанобъектов и наноструктурированных материалов» Билет № 1

1. Влияние размера частиц нанофазы на температуру плавления и растворимость.
2. Понятия коллоидных и жидких кристаллов.

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. **Поленов, Ю. В.** Физико-химические основы нанотехнологий : учебник / Ю. В. Поленов, Е. В. Егорова. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 180 с. — ISBN 978-5-8114-4113-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125699> (дата обращения: 01.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. **Плетнев, М. Ю.** Технология эмульсий. Гидрофильно-липофильный баланс и обращение фаз : учебное пособие / М. Ю. Плетнев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 100 с. — ISBN 978-5-8114-4777-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126719> (дата обращения: 01.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. **Шабатина, Т. И.** Нанохимия и наноматериалы : учебное пособие / Т. И. Шабатина, А. М. Голубев. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 63 с. — ISBN 978-5-7038-3965-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58569> (дата обращения: 01.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Б) Дополнительная литература:

1. **Юртов, Е. В.** Процессы получения наночастиц и наноматериалов [Текст] : учебно-методический комплекс / Е.В. Юртов. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. 152 с.

2. **Сергеев, Г. Б.** Нанохимия [Текст] / Г.Б. Сергеев. М. : Изд-во МГУ, 2003. 288 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.
- Научно-технические журналы:
 - Ж. «Современные наукоемкие технологии» ISSN 1812-7320;
 - Ж. «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» ISSN 2075-8545;
 - Ж. «Российские нанотехнологии» ISSN 1995-0780;
 - Ж. «Нанотехнологии и охрана здоровья» ISSN 2076-4804;
 - Ж. «Нанотехника» ISSN 1816-4498;
 - Ж. «Инновации» ISSN 2071-3010;
 - Ж. «Наноиндустрия» ISSN 1933-8578.

9.3 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 видео-лекциям (канал youtube, Moodle), к вебинарам (webinar.ru, zoom.us), 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. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2024 составляет 1 559 436 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

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

11.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Для изучения дисциплины **«Основы создания нанообъектов и наноструктурированных материалов»** имеется лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для магистрантов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2 Учебно-наглядные пособия

По дисциплине **«Основы создания нанообъектов и наноструктурированных материалов»** 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. Магистры 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, принтерами и программными средствами, проекторы, экраны; аудитории со стационарными комплексами отображения информации с любого электронного носителя; WEB-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, программы; методические рекомендации к практическим занятиям; каталоги типов и видов продукции из неметаллических материалов; каталоги продукции промышленных предприятий; раздаточный материал к лекционным курсам; учебные фильмы по процессам технологии и способам производства отдельных видов изделий; электронные учебные издания по дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, научно-популярные электронные издания.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры химического и фармацевтического инжиниринга для магистрантов, довольно 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.

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт №175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
3.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА-223/2024	-	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом

				перехода на обновлённую версию продукта)

12 ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Термодинамические явления на границе раздела фаз	Знает: термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов; влияние размера нанобъектов и нанофазы на их свойства; коллоидные основы синтеза нанобъектов; Умеет: регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов; математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов; Владеет: понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на границе раздела фаз;	Оценка за лабораторные работы № 1 и 2. Оценка за ДР № 1. Оценка на Экзамене.
Раздел 2. Стабилизация дисперсных систем, наноструктурированные жидкости	Знает: термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов; влияние размера нанобъектов и нанофазы на их свойства; принципы и методы стабилизации коллоидных наносистем и наноструктурированных жидкостей; коллоидные основы синтеза нанобъектов; понятие и классификацию поверхностно-активных веществ, принципы явления самоорганизации нанобъектов и их применения для синтеза наноструктурированных материалов; основы поведения коллоидных систем Умеет: регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов; математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов; выбирать методы стабилизации коллоидных систем и наноструктурированных жидкостей Владеет: понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на	Оценка за лабораторную работу № 3. Оценка за ДР № 1. Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	границе раздела фаз; математическим аппаратом, применяемым для описания в наносистемах явлений зарождения, роста, агрегации, агломерации, а также стабилизации таких систем	
Раздел 3. Синтез наноразмерных объектов	Знает: термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов; влияние размера нанобъектов и нанофазы на их свойства; коллоидные основы синтеза нанобъектов; Умеет: выбирать методы синтеза нанобъектов и наноструктурированных материалов в зависимости от требуемых задач; регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов; математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов;	Оценка за лабораторную работу № 4, 5. Оценка за ДР № 1. Оценка на экзамене.
Раздел 4. Поверхностно-активные вещества, явления самоорганизации и применение ПАВ для получения наноструктурированных материалов	Знает: термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов; принципы и методы стабилизации коллоидных наносистем и наноструктурированных жидкостей; коллоидные основы синтеза нанобъектов; понятие и классификацию поверхностно-активных веществ, принципы явления самоорганизации нанобъектов и их применения для синтеза наноструктурированных материалов; основы поведения коллоидных систем Умеет: выбирать методы синтеза нанобъектов и наноструктурированных материалов в зависимости от требуемых задач; регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов; математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов; выбирать методы стабилизации коллоидных систем и наноструктурированных жидкостей Владеет: понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на границе раздела фаз; математическим аппаратом, применяемым для описания в наносистемах явлений зарождения, роста, агрегации, агломерации, а также стабилизации	Оценка за лабораторную работу 6. Оценка за ДР № 2. Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	таких систем	
Раздел 5. Поведение коллоидных систем	Знает: термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов; принципы и методы стабилизации коллоидных наносистем и наноструктурированных жидкостей; коллоидные основы синтеза нанобъектов; понятие и классификацию поверхностно-активных веществ, принципы явления самоорганизации нанобъектов и их применения для синтеза наноструктурированных материалов; основы поведения коллоидных систем Умеет: выбирать методы синтеза нанобъектов и наноструктурированных материалов в зависимости от требуемых задач; регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов; математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов; выбирать методы стабилизации коллоидных систем и наноструктурированных жидкостей Владеет: понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на границе раздела фаз; математическим аппаратом, применяемым для описания в наносистемах явлений зарождения, роста, агрегации, агломерации, а также стабилизации таких систем	Оценка за лабораторную работу № 7. Оценка за ДР № 2. Оценка на экзамене.
Раздел 6. Явления диффузии и агрегации нанобъектов в коллоидных системах	Знает: термодинамические основы синтеза нанобъектов, наноструктурированных коллоидных систем и нанокомпозитов; влияние размера нанобъектов и нанофазы на их свойства; коллоидные основы синтеза нанобъектов; выбирать методы синтеза нанобъектов и наноструктурированных материалов в зависимости от требуемых задач; Умеет: регулировать свойства наноматериалов с учетом термодинамических законов; математически описывать явления, протекающие на микроуровне при синтезе нанобъектов и наноструктурированных материалов; Владеет: понятийным аппаратом и основами термодинамики для описания явлений на границе раздела фаз; математическим аппаратом, применяемым для описания в	Оценка за лабораторную работу № 8. Оценка за ДР № 2. Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	наносистемах явлений зарождения, роста, агрегации, агломерации, а также стабилизации таких систем	

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 высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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 создания нанообъектов и наноструктурированных материалов»
основной образовательной программы
28.04.02 Наноинженерия
магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»
Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1		протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
2		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»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Программирование на языке Java»**

Направление подготовки 28.04.02 Наноинженерия

Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»

Квалификация «магистр»

Москва 2024

Программа составлена старшим преподавателем кафедры Информационных компьютерных технологий **Е.А. Скичко**

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д.И. Менделеева

(Наименование кафедры)

«28» мая 2024 г., протокол №16.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.02 Наноинженерия** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **информационных компьютерных технологий** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «**Программирование на языке Java**» относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области основ программирования, баз данных.

Цель дисциплины – усвоение навыков использования языка Java, усвоение и закрепление основных приемов, методов и принципов работы при создании кроссплатформенных программ и веб-приложений, подготовка к собеседованию.

Задачи дисциплины – развитие навыков объектно-ориентированного программирования, освоение подходов к созданию консольных и визуальных кроссплатформенных программ, знакомство с понятиями и языком предметной области, в том числе международной англоязычной терминологией, развитие навыков работы в коллективе, подготовка к собеседованию.

Дисциплина «**Программирование на языке Java**» 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**:

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				
– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем наноинженерии – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области наноинженерии и решать их.	ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности.	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

– планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области инженерных нанотехнологий с целью совершенствования объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий их применения и эксплуатации; – участие в составе коллектива в работах по решению инновационных проблем нанотехнологий – от идеи, фундаментальных и прикладных исследований до создания промышленных изделий.	– методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов и изделий на их основе; – наноматериалы, процессы нанотехнологий и методы нанодиагностики для химии, фармацевтики, биотехнологии, энергетики, научных исследований и других областей техники.	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	ПК-2.2. Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	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 № 121н. Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – 6)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- особенности используемых в настоящее время стандартов языка Java;
- принципы эргономики, средства разработки эргономичных графических пользовательских интерфейсов;

Уметь:

- формировать перечень задач юзабилити-исследования; прототипировать графические пользовательские интерфейсы;
- определять и вырабатывать требования к интерфейсу программного продукта;
- писать программы с консольным и графическим интерфейсом;
- пользоваться встроенными в стандарт библиотеками;

Владеть:

- методами проектирования и оценки эргономичности графических пользовательских интерфейсов.
- основными приемами программирования с использованием языка Java;
- приемами оптимизации программного кода;
- основными приемами тестирования кода на Java.

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:	1,88	68	51
Лекции	0,47	17	12,75
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
Самостоятельная работа	2,12	76	57
Контактная самостоятельная работа	2,12	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,6	56,7
Вид контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Раздел 1. Основные конструкции языка Java	46	6	9	5	28
1.1	Синтаксис языка Java, основные операторы	8	1	2	0	5
1.2	Структура классов Java	9	1	2	1	5
1.3	Наследование и полиморфизм в языке Java	8	1	2	1	4
1.4	Тестирование приложений, библиотека JUnit	7	1	1	1	4
1.5	Обработка исключений в Java	8	1	1	1	5
1.6	Файловый ввод и вывод в Java программах	8	1	1	1	5
2.	Раздел 2. Расширенные возможности языка Java	52	8	8	18	18
2.1	Обобщённые типы в Java	8	1	1	3	3
2.2	Интерфейсы	10	2	2	3	3
2.3	Коллекции в Java	10	2	2	3	3
2.4	Шаблоны проектирования	8	1	1	3	3
2.5	Основы многопоточности Java	8	1	1	3	3
2.6	Классы для работы с многопоточностью	8	1	1	3	3
3.	Раздел 3. Разработка веб-приложений с использованием экосистемы фреймворков Spring.	44	3	0	11	30
3.1	Spring Core	15	1	0	4	10
3.2	Подключение к базам данных	14	1	0	3	10
3.3	Spring Security	15	1	0	4	10
	ИТОГО	144	17	17	34	76

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основные конструкции языка Java.

1.1. Синтаксис языка Java, основные операторы.

История языка Java. Установка jdk и среды разработки (IntelliJ IDEA). Синтаксис языка Java. Программные блоки и комментарии. Переменные, типы данных. Явное и неявное приведение типов. Условные операторы и операторы цикла. Строки, парсинг строк, классы String и StringBuilder. Массивы, цикл foreach.

1.2 Структура классов Java.

Класс и объект класса. Поля и методы класса. Ключевое слово this. Организация памяти: стек и куча. Конструкторы. Перегруженные методы и конструкторы. Методы с переменным числом аргументов (varargs). Статические поля и методы. Garbage Collector. Инкапсуляция при разработке классов Java.

1.3 Наследование и полиморфизм в языке Java.

Основные принципы наследования в Java. Конструкторы и наследование. Ключевое слово super. Класс Object. Переопределение методов. Построение POJO. Использование полиморфных ссылок. Полиморфные аргументы. Предотвращение наследования. Модификаторы доступа, ключевое слово final. Сравнение композиции и наследования (отношения «IS-A», «HAS-A»).

1.4 Тестирование приложений, библиотека JUnit.

Структура Maven-проекта, подключение зависимостей, этапы жизненного цикла. Основные принципы тестирования JUnit. Основные методы класса Assert. Аннотации @Test, @Before, @BeforeClass, @After, @AfterClass, @Ignore. Тестирование методов на предмет выброса исключений. Параметризованные классы тестов.

1.5 Обработка исключений в Java.

Иерархия исключений в Java, проверяемые и непроверяемые исключения. Конструкция try-catch-finally, ключевые слова throw, throws. Создание пользовательских классов исключений.

1.6 Файловый ввод и вывод в Java программах.

Основы ввода и вывода в Java программах. Использование потоков для чтения и записи файлов. Байтовые и символьные потоки. Использование интерфейса Path для работы с файлами. Работа с классом File, Files, Paths для операций над файлами. Конструкция “try с ресурсами”. Подключение буферизованных потоков.

Раздел 2. Расширенные возможности языка Java.

2.1 Обобщённые типы в Java.

Обобщённые типы (дженерики) как способ создания классов в Java. Создание объектов в рамках обобщённого типа. Понятие wildcard, upper bounded wildcard, lower bounded wildcard. Обобщённые методы и интерфейсы. Ограничения по работе с обобщёнными типами.

2.2 Интерфейсы.

Абстрактные методы, классы. Интерфейсы, виды методов интерфейса. Функциональные интерфейсы, лямбда-выражения. Понятие эффективно-финальной переменной. Предопределённые функциональные интерфейсы.

2.3 Коллекции в Java.

Создание коллекций с использованием обобщённых типов. Структура Java Collection Framework. Интерфейсы List, Set, Queue, Deque, Map и их реализации. Принцип работы HashSet, HashMap. Сортированные отображения и множества. Интерфейсы Iterator, Comparable, Comparator. Класс Collections для выполнения основных операций над коллекциями. Методы Stream API для работы с коллекциями. Конвейерные и терминальные методы. Коллекторы. Тип Optional<T>.

2.4 Шаблоны проектирования.

Обзор наиболее часто используемых шаблонов в Java. Создание уникальных объектов с помощью шаблона Одиночка. Шаблоны Стратегия, Обозреватель, Декоратор. Обзор шаблона Модель – Представление – Контроллер (MVC).

2.5 Основы многопоточности Java.

Основные поля и методы класса Thread. Интерфейс Runnable. Способы создания потоков. Жизненный цикл потока, планировщик потоков. Проблемы многопоточного программирования. Синхронизация потоков. Ключевое слово synchronized. Интерфейс Lock и его основные реализации. Организация взаимодействия потоков с помощью методов wait(), notify(), notifyAll().

2.6 Классы для работы с многопоточностью.

Классы синхронизации: Semaphore, CountDownLatch, CyclicBarrier. Использование ExecutorService, основные классы и методы. Интерфейс Callable<T>, класс Future. Fork-Join фреймворк. Многопоточные коллекции.

Раздел 3. Разработка веб-приложений с использованием экосистемы фреймворков Spring.

3.1 Spring Core.

Spring Context: инверсия контроля, внедрение зависимостей. Основные аннотации. Создание бинов, scope бинов. Основы аспектно-ориентированного программирования. Структура сервера в соответствии с шаблоном MVC: контроллер, сервис, репозиторий. Основные HTTP-запросы. Параметры запроса, переменные пути.

3.2 Подключение к базам данных

Спецификация Java Persistence API. Основы работы с фреймворком Hibernate. Создание сущностей, подключение к базе данных (на примере PostgreSQL). Crud-операции с базой данных. Persistence Context. Отношения «один к одному», «один ко многим», «многие к одному», «многие ко многим» на уровне сущностей. Spring Data JPA, JpaRepository, написание пользовательских методов репозитория. Валидация данных, приходящих с клиентской стороны.

3.3 Spring Security

Фреймворк Spring Security. Основные аннотации. Настройка аутентификации. Настройка безопасности: на уровне запросов, на уровне методов, на уровне представления. Сохранение информации о пользователях в базе данных.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:				
1	– особенности используемых в настоящее время стандартов языка Java		+	+	+
2	– принципы эргономики, средства разработки эргономичных графических пользовательских интерфейсов			+	+
	Уметь:				
3	– формировать перечень задач юзабилити-исследования; прототипировать графические пользовательские интерфейсы		+	+	
4	– определять и вырабатывать требования к интерфейсу программного продукта			+	
5	– писать программы с консольным и графическим интерфейсом		+	+	+
6	– пользоваться встроенными в стандарт библиотеками		+	+	+
	Владеть:				
7	– методами проектирования и оценки эргономичности графических пользовательских интерфейсов			+	+
8	– основными приемами программирования с использованием языка Java		+	+	+
9	– приемами оптимизации программного кода			+	+
10	– основными приемами тестирования кода на Java			+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
11	ПК-1. Способен формулировать научно-исследовательские задачи в области наноинженерии и решать их	– ПК-1.2 Умеет применять полученные знания для системного и комплексного проведения научных исследований в области профессиональной деятельности	+		+
12	ПК-2. Готов к анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, анализу результатов и их интерпретации	– ПК-2.2. Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора, структурирования и анализа информации и программно-информационные комплексы для проведения научно-исследовательских работ	+	+	+

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	Практическое занятие 1. Наследование и полиморфизм в языке Java.	2
2	1	Практическое занятие 2. Тестирование приложений, библиотека JUnit	1
3	1	Практическое занятие 3. Использование библиотеки <code>nio</code> .	1
4	1	Практическое занятие 4. Обработка исключений в Java	1
5	2	Практическое занятие 5. Практическое применение функциональных интерфейсов	3
6	2	Практическое занятие 6. Java Collection API	3
7	2	Практическое занятие 7. Stream API	3
8	2	Практическое занятие 8. Основные классы для работы с многопоточностью.	3

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Программирование на языке Java*».

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 36 баллов (максимально по 2-3 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	Структура классов Java	1
2	1	Наследование и полиморфизм в языке Java	2
3	1	Тестирование приложений, библиотека JUnit	2
4	1	Обработка исключений в Java	1
5	1	Файловый ввод и вывод в Java программах	2
6	2	Функциональные интерфейсы	2
7	2	Обобщённые типы в Java	2
8	2	Коллекции в Java	2
9	2	Шаблоны проектирования	2
10	2	Основы многопоточности Java	2
11	3	Знакомство со Spring Context, АОП	4
12	3	Создание веб-приложения с помощью Spring Boot	4
13	3	Подключение к БД Postgres	4
14	3	Фреймворк Spring Security	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче лабораторного практикума (2 семестр) по дисциплине;
- подготовку к сдаче **зачета с оценкой** (2 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 16 балла), лабораторного практикума (максимальная оценка 44 балла) и итогового контроля в форме *Зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Написание рефератов по дисциплине не предусмотрено.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по разделам №1 и 2). Максимальная оценка за контрольные работы №№1,2 составляет 8 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 10 вопросов. Тестовые задания с выбором единственного правильного ответа оцениваются в 0,5 балла, тестовые задания с выбором нескольких правильных ответов и вопросы со свободным ответом студента оцениваются в 1 б.

Вопрос 1.1.

Дан код:

```
public class Constructors {
    public static void main (String[] args){
        B b = new B();
    }
}
class A {
    A() {
        System.out.print("A");
    }
}
class B extends A {
    B() {
```

```

        System.out.print("B");
    }
}

```

Что будет выведено в консоль?

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ AB
- ☐ BA

Вопрос 1.2.

Дан код:

```

int[] arr = new int[5];
arr[5] = 10;

```

Отработает ли данный код успешно? Если нет, объясните, почему.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 10 вопросов. Тестовые задания с выбором единственного правильного ответа оцениваются в 0,5 балла, тестовые задания с выбором нескольких правильных ответов и вопросы со свободным ответом студента оцениваются в 1 б.

Вопрос 2.1.

Какая коллекция хранит элементы отсортированными по заданному критерию?

- ☐ HashSet
- ☐ LinkedHashSet
- ☐ TreeSet

Вопрос 2.2.

Дан код:

```

Stream.of(5, 3, 7, 9, 3, 7, 1, 8)
    ._____
    .forEach(System.out::print);

```

Дополните код так, чтобы в консоль было выведено: 5331

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачет с оценкой).

Билет включает контрольные вопросы по разделам 1-3 рабочей программы дисциплины, содержит 2 вопроса (максимально по 20 баллов за вопрос).

Примеры вопросов для зачёта с оценкой:

1. Примитивные типы данных в Java.
2. Условные операторы if, switch, включая новые фичи jdk 17.
3. Операторы цикла. Операторы выхода из цикла.
4. Основы работы со строками. Классы String, StringBuilder, StringBuffer.
5. Java Collection API. Основные интерфейсы, основные классы-реализации. Класс Collections.
6. Функциональные интерфейсы, базовые функциональные интерфейсы. л-выражения.
7. Объектно-ориентированное программирование. Классы, объекты классов.
8. Наследование, полиморфизм в Java. Отношения «IS-A», «HAS-A».
9. Шаблон проектирования «Одиночка».

10. Шаблон проектирования «Декоратор». Реализация в библиотеке IO.
11. Java Stream API. Конвейерные и терминальные методы. Числовой стрим.
12. Java Stream API. Коллекторы, композиции коллекторов.
13. Сборщик проектов Maven. Структура pom-файла, этапы жизненного цикла проекта.
14. Работа с файлами. Методы интерфейса Path. Классы Paths, File.
15. Работа с файлами. Методы класса Files.

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

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (2 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «*Программирование на языке Java*» проводится во 2 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1-3 рабочей программы дисциплины. Билет **зачета с оценкой** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **зачета с оценкой**:

<i>«Утверждаю»</i> Зав. каф. ИКТ (Должность, наименование кафедры) _____ Кольцова Э.М. (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра информационных компьютерных технологий
	28.04.02 Наноинженерия
	Магистерская программа – «Материалы и технологии наноинженерии»
Программирование на языке Java	
Билет № 1 1. Шаблон проектирования «Наблюдатель». Интерфейсы Subject, Observer. Недостатки встроеной реализации шаблона «Наблюдатель». 2. Работа с файлами. Методы класса Files.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Сайт документации компании Oracle, продукт Java SE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/index.html> (дата обращения: 28.04.2024).
2. Гуськова, О. И. Объектно ориентированное программирование в Java : учебное пособие / О. И. Гуськова. — Москва : МПГУ, 2018. — 240 с. — ISBN 978-5-4263-0648-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122311> (дата обращения: 29.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Программирование на языке Java. Конспект лекций : учебно-методическое пособие / А. В. Гаврилов, С. В. Клименков, Ю. А. Королёва [и др.]. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2019. — 127 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/136549> (дата обращения: 29.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Никитенкова, С. П. Многопоточное программирование на языке JAVA : учебно-методическое пособие / С. П. Никитенкова. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2015. — 90 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/144990> (дата обращения: 29.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Б. Дополнительная литература

1. Васильев, А. Н. Самоучитель Java с примерами и программами : учебное пособие / А. Н. Васильев. — 4-е, изд. — Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2017. — 368 с. — ISBN 978-5-94387-745-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101548> (дата обращения: 28.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Коузен, К. Современный Java: рецепты программирования / К. Коузен. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 275 с. — ISBN 978-5-97060-134-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116121> (дата обращения: 28.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Макаров, Е. М. Элементы двумерной графики в Java : учебно-методическое пособие / Е. М. Макаров. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2017. — 56 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152985> (дата обращения: 28.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Информатика и её применения» ISSN 1992-2264
- Журнал «Кибернетика и программирование» ISSN 2306-4196
- Журнал «Прикладная информатика» ISSN 1993-8314

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 01.01.2023 составляет 1727628 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 «*Программирование на языке Java*» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

В настоящее время кафедра при организации учебного процесса использует два собственных компьютерных класса (аудитории № 125, № 119) и один общий факультетский компьютерный класс (ауд. № 123). В аудиториях № 125 и № 119 учебный процесс ведется на **41** персональных компьютерах, каждый из которых обладает процессором выше Pentium II, 5 из которых мощные графические станции с OS Windows 7 для моделирования и работы в пакетах таких прикладных программ, как AutodeskAutoCAD, SolidWorksEducationEdition 200 CAMPUS, ANSYSAcademicResearchCFD и 6 компьютеров для высокопроизводительных параллельных вычислений.

Все компьютеры объединены в локальную сеть и имеют выход в интернет. Так же в учебном процессе используются **4** ноутбука, один нетбук и 3 мультимедиа-проектора для организации презентаций и докладов.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Учебно-наглядные пособия по дисциплине не предусмотрены.

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

Для обеспечения учебного и научно-исследовательского процесса за кафедрой информационных компьютерных технологий закреплена 1 учебно-научная лаборатория, 2

компьютерных класса на 40 посадочных мест, 4 кабинета.

Кафедра информационных компьютерных технологий располагает значительным количеством разнообразного современного оборудования (компьютеры, оргтехника, технические средства обучения и плоттер и 3-Дпринтер.).

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62- 64ЭА/2013	Неограниченно	бессрочно
2.	Интернет-браузер Firefox	Бесплатный	Неограниченно	бессрочно
3.	IDE IntelliJ IDEA Community Edition	Бесплатный	Неограниченно	бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основные конструкции языка Java	<i>Знает:</i> – особенности используемых в настоящее время стандартов языка Java <i>Умеет:</i> – формировать перечень задач юзабилити-исследования; прототипировать графические пользовательские интерфейсы – писать программы с консольным и графическим интерфейсом – пользоваться встроенными в стандарт библиотеками <i>Владеет:</i> – основными приемами программирования с использованием языка Java	Оценка за контрольную работу №1
Раздел 2. Расширенные возможности языка Java	<i>Знает:</i> – особенности используемых в настоящее время стандартов языка Java – принципы эргономики, средства разработки эргономичных графических пользовательских интерфейсов <i>Умеет:</i> – формировать перечень задач юзабилити-исследования; прототипировать графические пользовательские интерфейсы – определять и вырабатывать требования к интерфейсу программного продукта – писать программы с консольным и графическим интерфейсом – пользоваться встроенными в стандарт библиотеками <i>Владеет:</i> – методами проектирования и оценки эргономичности графических пользовательских интерфейсов – основными приемами программирования с использованием языка Java – приемами оптимизации программного кода	Оценка за контрольную работу №2

	– основными приемами тестирования кода на Java	
Раздел 3. Разработка веб-приложений с использованием экосистемы фреймворков Spring.	<i>Знает:</i> – особенности используемых в настоящее время стандартов языка Java – принципы эргономики, средства разработки эргономичных графических пользовательских интерфейсов <i>Умеет:</i> – писать программы с консольным и графическим интерфейсом – пользоваться встроенными в стандарт библиотеками <i>Владеет:</i> – методами проектирования и оценки эргономичности графических пользовательских интерфейсов – основными приемами программирования с использованием языка Java – приемами оптимизации программного кода	Оценка за лабораторный практикум Оценка за 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 высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- 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
«Программирование на языке Java»

основной образовательной программы

28.04.02 Наноинженерия

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Материалы и технологии наноинженерии»

наименование ООП

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.



РХТУ им. Д.И. Менделеева
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Комарницкая Елена Анатольевна
Проректор по образованию,
Ректорат

Подписан: 29:08:2025 15:55:09