

**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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Биологическое действие наноматериалов»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии к.х.н. Мурашовой Н.М.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Биологическое действие наноматериалов»** относится к вариативной части обязательных дисциплин учебного плана (**Б1.В.11**). Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей и неорганической химии, органической химии, биохимии и физикохимии наноматериалов.

Цель дисциплины: формирование у студентов понятия о различных аспектах биологического действия наночастиц и наноматериалов, механизмах их действия на живые системы и способности к оценке риска при работе с наноматериалами.

Задачи дисциплины:

формирование у обучающихся системных знаний в области биологического действия наночастиц и наноматериалов, понимания механизмов токсического действия наночастиц, их взаимодействия с иммунной системой, возможностей применения наночастиц и наноматериалов для направленного транспорта лекарственных веществ в организме;

выработка на этой основе системного подхода к оценке перспектив и рисков применения наночастиц и наноматериалов, постановке и выполнению научных исследований в области разработки наноматериалов, способности анализировать и критически оценивать получаемые результаты, предлагать пути решения поставленных задач и находить среди них оптимальный.

Дисциплина **«Биологическое действие наноматериалов»** 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
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – выработка новых теоретических подходов и принципов дизайна наносистем и наноматериалов с заданными свойствами; – разработка новых высокоэффективных методов создания современных наносистем и наноматериалов; – способность к составлению	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для обработки	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического

методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			контроля этапов разработки наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и	ПК-3.1 Знает требования к экспериментальным образцам наноматериалов и наносистем и результатам научно-	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта,

в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок, – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции	(неорганические, органические, смешанные) агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.	применению наносистем и наноматериалов	исследовательских работ по их разработке ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4»

на рынке идей и технологий.				марта 2014 г. № 121н. D Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок; – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.	ПК-4 Способен к анализу и обобщению результатов научно-исследовательских работ, поиску и анализу научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке публикаций в отечественных и зарубежных изданиях	ПК-4.2 Умеет разрабатывать программы выполнения научных исследований, обрабатывать и анализировать их результаты ПК-4.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для публикации в периодической печати	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического контроля этапов разработки

проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.				наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. D Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные понятия токсикологии и нанотоксикологии;
- особенности и механизмы действия наночастиц на живые системы;

Уметь:

- правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами, выбирать средства защиты;
- анализировать научную информацию о биологическом действии наноматериалов;
- применять теоретические знания по биологическому действию наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач;

Владеть:

- информацией о токсичности различных видов наночастиц и наноматериалов;
- информацией о возможностях применении наночастиц и наноматериалов в медицине;
- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с биологическим действием наноматериалов.

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
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	2,59	93	70
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,7
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Вид итогового контроля:	Зачет 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. Вопросы токсичности наноматериалов	40	8	16	16
1.1	Основные понятия токсикологии	10	2	4	4
1.2	Действие токсичных веществ на организм	10	2	4	4
1.3	Токсичность наночастиц и наноматериалов	20	4	8	8
2	Раздел 2. Механизмы биологического действия наночастиц	28	4	8	16
2.1	Наночастицы и продукция свободных радикалов	14	2	4	8
2.2	Наночастицы и иммунная система	14	2	4	8
3	Раздел 3. Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ в организме	22	3	6	13
4	Раздел 4. Разнообразие биологического действия наноматериалов	17	2	2	13
	Реферат	17	0	2	15
	Подготовка к зачету	20	-	-	20
	Форма контроля - зачет с оценкой				
	Всего часов	144	17	34	93

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Вопросы токсичности наноматериалов.

1.1. Основные понятия токсикологии

Определение токсикологии, разделы токсикологии. Нанотоксикология. Понятие о вредном веществе. Токсичность и опасность вещества. Понятие дозы. Кривые «доза-эффект». Виды токсических доз и концентраций. Порог вредного действия. Толерантность. Понятие гомеостаза. Классификация отравлений. Острое и хроническое воздействие. Отдаленные последствия.

1.2. Действие токсичных веществ на организм.

Основные пути поступления токсичных веществ в организм. Классификация токсичных веществ по действию на организм, по избирательной токсичности. Эффекты при повторном введении. Комбинированная токсичность. Молекулярные механизмы действия токсичных веществ. Периоды отравления. Общие принципы лечения отравлений. Наноматериалы для детоксикации организма.

1.3. Токсичность наночастиц и наноматериалов

Понятие и задачи нанотоксикологии. История нанотоксикологии. Примеры острого и хронического действия высокодисперсной пыли. Обзор Гюнтера Обердорстера «Нанотоксикология: новая дисциплина, возникающая из изучения частиц сверхмалого размера». Распределение частиц при ингаляции. Влияние размера и формы наночастиц – примеры. Особенности действия частиц в наноразмерном состоянии. Органы-мишени для

наночастиц. Примеры токсического действия наночастиц металлов, углеродных наночастиц, полимерных наночастиц. Оценка риска при воздействии наноматериалов. Ограничения на использование наноматериалов. Методы оценки безопасности наноматериалов. Средства защиты при работе с наноматериалами.

Раздел 2. Механизмы биологического действия наночастиц

2.1. Наночастицы и продукция свободных радикалов.

Образование активных форм кислорода в клетке. Перекисное окисление липидов. Естественная защита клетки от АФК. Окислительный стресс. Наночастицы и окислительный стресс. Примеры НЧ металлов и оксидов, вызывающих окислительный стресс. Антиоксидантные свойства фуллеренов.

2.2. Наночастицы и иммунная система.

Основные компоненты иммунной системы. Воспалительная реакция. Примеры воспалительных реакций под действием наночастиц металлов и оксидов. Взаимодействие наночастиц с клетками и органами иммунной системы – поглощение макрофагами, накопление в селезенке. Наночастицы как адъюванты (усилители иммунного ответа при вакцинации). Пример - адъюванты на основе наночастиц гидроксиапатита.

Раздел 3. Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ в организме.

Общие требования к выбору наночастиц и наноматериалов для медицинского применения. Неорганические наночастицы как носители для направленного транспорта лекарственных веществ. Липосомы. Примеры липосомных препаратов, разрешенных для клинического применения. Полимерные наночастицы: полимерные мицеллы, пористые полимерные частицы, полимерные микрокапсулы, конъюгаты полимера и ЛВ, дендримеры. Другие виды наночастиц и наноматериалов.

Раздел 4. Разнообразие биологического действия наноматериалов.

Токсическое, воспалительное, антибактериальное и терапевтическое действие на примере наночастиц серебра и материалов, их содержащих. Токсическое действие и возможности медицинского применения наночастиц других металлов, оксидов металлов и неметаллов, углеродных наночастиц и наночастиц полимеров.

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 понятия токсикологии и нанотоксикологии;	+			
2	– особенности и механизмы действия наночастиц на живые системы;	+	+	+	+
	Уметь:				
3	– правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами, выбирать средства защиты;	+	+		+
4	– анализировать научную информацию о биологическом действии наноматериалов;	+	+	+	+
5	– применять теоретические знания по биологическому действию наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач;	+	+	+	+
	Владеть:				
6	– информацией о токсичности различных видов наночастиц и наноматериалов;	+	+		+
7	– информацией о возможностях применения наночастиц и наноматериалов в медицине;			+	+
8	– методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с биологическим действием наноматериалов	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
9	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов	+	+	+
10		ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов	+	+	+
11	ПК-3 Способен к анализу и обобщению результатов научно-исследовательских работ, поиску и анализу научной и технической информации в области	ПК-3.1. Имеет опыт сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации в области нанотехнологии и смежных дисциплин;	+	+	+

12	нанотехнологии и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке публикаций в отечественных и зарубежных изданиях	ПК-3.3 Производит статистическую обработку результатов экспериментальных исследований наноструктурированных материалов;	+	+	+	+
13	нанотехнологии и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке публикаций в отечественных и зарубежных изданиях	ПК-4.2 Умеет разрабатывать программы выполнения научных исследований, обрабатывать и анализировать их результаты	+	+	+	+
14		ПК-4.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для публикации в периодической печати	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Основные подходы к изучению токсичности наноматериалов	4
2	Раздел 1	Действие токсичных веществ на организм	4
3	Раздел 1	Токсичность наночастиц и наноматериалов	8
4	Раздел 2	Наночастицы и продукция свободных радикалов	4
5	Раздел 2	Наночастицы и иммунная система	4
6	Раздел 3	Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ в организме	6
7	Раздел 4	Разнообразие биологического действия наноматериалов	2
8	Реферат	Защита подготовленных рефератов по анализу научной информации (статей и патентов) по биологическому действию наночастиц и наноматериалов.	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине *«Биологическое действие наноматериалов»* не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины *«Биологическое действие наноматериалов»* самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 72 акад. часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку докладов к практическим занятиям по предложенным темам (список тем приведен в разделе 8);
- подготовку и защиту реферата по анализу научной информации (статей и патентов) по биологическому действию наночастиц и наноматериалов;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая публикации из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ и патенты, представленные российских и зарубежных базах данных;
- подготовку к сдаче зачета по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в 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

Текущий контроль освоения материала проводится в форме контроля работы студента на практических занятиях - подготовки докладов по предложенным темам (3 доклада) и подготовки и защиты реферата. Максимальная оценка за один доклад составляет 10 баллов. Максимальная оценка за подготовленный и защищенный реферат составляет 30 баллов. Всего максимальная оценка работы в семестре составляет 60 баллов.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферат готовится по научной статье или патенту в соответствии со следующими группами тем:

- Токсичность наночастиц и наноматериалов (опыты *in vitro*)
- Токсичность наночастиц и наноматериалов (опыты *in vivo*)
- Возможное влияние наночастиц и наноматериалов на экосистемы
- Молекулярные механизмы биологического действия наночастиц
- Использование наночастиц и наноматериалов в фармацевтике

Объем реферата составляет 2-3 стр.

План реферата.

1. Актуальность
2. Что сделано
3. Достоинства (новые подходы, оригинальные методы, интересные результаты)
4. Недостатки
5. Практическая значимость и возможность внедрения
6. Оценка

Для защиты реферата нужно: предоставить оригинал статьи или патента (распечатанный), текст реферата в соответствии с планом, сделать доклад и ответить на вопросы.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Предлагаются следующие возможные темы для докладов на практических занятиях.

Раздел «Вопросы токсичности наноматериалов»

1. Методы анализа в токсикологии, связь с криминалистикой.
2. Вопросы биоэтики при исследовании токсичности наноматериалов
3. Крупнейшие аварии на химических заводах (Лав-Кэнэл (США), Севезо (Италия), Бхопал (Индия) и др.)
4. Примеры гомеостаза у млекопитающих. Регуляция количества солей и воды в теле — осморегуляция. Регуляция температуры тела. Регуляция уровня глюкозы в крови. Другие примеры.
5. Примеры канцерогенного и мутагенного действия токсичных веществ.
6. Нервнопаралитическое действие на примере стрихнина. Указать молекулярный механизм. Антидоты при отравлении стрихнином.
7. Действие морфина. Указать молекулярный механизм. Как и почему возникает зависимость, есть ли врожденная склонность к наркотикам?

8. Примеры материальной и функциональной кумуляции при действии на организм и экосистемы.
9. Примеры комбинированного действия ядов. Показать разные эффекты (аддитивность, синергизм, антагонизм).
10. Диализные методы детоксикации. Мембраны для диализа как наноматериалы.
11. Сорбционные методы детоксикации. Современные сорбентные препараты как наноматериалы.
12. Отравления при инъекционном пути поступления - укусы змей: кобры, гадюки, гремучей змеи и др. Указать основные токсиканты, молекулярный механизм и антидоты. Симптомы и первая помощь.
13. Отравления при пероральном пути поступления – отравления ядовитыми грибами: бледной поганкой, мухомором, ложными опятами и др. Указать основные токсиканты, молекулярный механизм и антидоты. Симптомы и первая помощь.
14. Отравления ядовитыми растениями - аконит, белена, белладонна (красавка), дурман, вех ядовитый (цикута). Указать основные токсиканты, молекулярный механизм и антидоты. Симптомы и первая помощь. Применение в медицине.
15. Отравление кофеином и другими психостимуляторами, механизм действия, развитие привыкания и зависимости, помощь при остром отравлении
16. Отравление оксидами азота и серы – симптомы, механизм действия, экологические последствия выбросов.
17. Отравление мышьяком и ртутью – указать симптомы, молекулярный механизм отравления и методы детоксикации
18. Отравление этанолом и ацетоном - указать симптомы, молекулярный механизм отравления и методы детоксикации
19. Анализ статьи Обердорстера (*Oberdörster G., Oberdörster E., Oberdörster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles // Environ. Health. Perspect. — 2005. — Vol. 113. — P. 823–839.*)
20. Действие наночастиц на растения (одноклеточные и многоклеточные)
21. Токсичность углеродных нанотрубок
22. Действие наночастиц на репродуктивные функции животных
23. Действие наночастиц на гидробионтов
24. Анализ МР 1.2.2522-09 Выявление наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека. Методические рекомендации. Утверждены 01 июля 2009 г.
25. Анализ МР 1.2.2566-09. Оценка безопасности наноматериалов *in vitro* и в модельных системах *in vivo*. Методические рекомендации. Утверждены 10 декабря 2009 г.
26. Анализ МР 1.2.2639-10. Использование методов количественного определения наноматериалов на предприятиях наноиндустрии. Методические рекомендации. Утверждены 24 мая 2010 г.
27. Анализ МР 1.2.0054-11 Порядок и методы оценки воздействия искусственных наночастиц и наноматериалов на токсическое действие химических веществ. Методические рекомендации. Утверждены 29 декабря 2011 г.
28. Анализ МР 1.2.0052-11. Оценка воздействия наноматериалов на функцию иммунитета. Методические рекомендации. Утверждены 29 декабря 2011 г.
29. Анализ МУ 1.2.2520-09. Токсиколого-гигиеническая оценка безопасности наноматериалов. Методические указания. Утверждены 05 июня 2009 г.
30. Анализ МУ 1.2.2635-10. Медико-биологическая оценка безопасности наноматериалов. Методические указания. Утверждены 24 мая 2010 г.

Раздел «Механизмы биологического действия наночастиц».

1. Применение наночастиц TiO₂, ZnO и SiO₂ в промышленности и в косметике.

2. Фотокаталитическое действие наночастиц TiO_2 . Применение в строительстве и для очистки воздуха.
3. Производство и перспективы применения углеродных нанотрубок, возможные пути их поступления в организм людей и в биосферу.
4. Водорастворимые производные фуллеренов – проникновение через биологические барьеры, ингибирование ферментов, антиоксидантные свойства
5. Воздействие наночастиц на ДНК.
6. Польза и опасность солнцезащитной косметики с наночастицами
7. Примеры воспалительных реакций под действием наночастиц металлов
8. Примеры воспалительных реакций под действием наночастиц оксидов
9. Вакцины на основе наночастиц (в том числе липосомальные вакцины)
10. Искусственные вирусы на основе наночастиц

Раздел «Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ в организме»

1. Примеры использования наночастиц серебра (ранозаживляющие повязки, бактерицидные покрытия и т.д.)
2. Магнитно-жидкостная гипертермия как метод применения наночастиц для лечения рака
3. История открытия и исследований липосом
4. Различные методы получения липосом, в т.ч. нагруженных лекарственными веществами
5. Липосомы в косметике
6. Производство липосом в России
7. Водорастворимые полимеры – поливинилпирролидон, полиэтиленгликоль – свойства, методы синтеза, применение в медицине
8. Промышленно производимые лекарственные препараты на основе полимерных носителей
9. Микрокапсулы в медицине - примеры
10. Проекты по созданию наноструктурированных носителей для медицины, поддержанные РОСНАНО

Раздел «Разнообразие биологического действия наноматериалов»

1. Токсическое действие и возможности медицинского применения наночастиц металлов (кроме серебра)
2. Токсическое действие и возможности медицинского применения наночастиц оксидов металлов
3. Токсическое действие и возможности медицинского применения наночастиц оксидов неметаллов
4. Токсическое действие и возможности медицинского применения углеродных наночастиц
5. Токсическое действие и возможности медицинского применения наночастиц полимеров

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов.

Зачет проводится в виде написания теста.

Тестовое задание состоит из 30 вопросов с 4 вариантами ответов и одного открытого вопроса. Вопросы с вариантами ответов охватывают все разделы дисциплины. Каждый из вопросов с вариантами ответов оценивается в 1 балл. Открытый вопрос оценивается в 10 баллов.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины

Примеры вопросов с вариантами ответов.

1) Токсичность - это

1 – минимальная доза, при которой проявляется отравление, 2 – мера опасности вещества для человека, 3 – передозировка вещества, 4 – мера несовместимости вещества с жизнью

2) Гомеостаз - это способность биологического объекта

1 – к сохранению постоянства внутренней среды организма и устойчивости основных физиологических функций при изменении условий окружающей среды, 2 – к изменению внутренней среды организма и основных физиологических функций при изменении условий окружающей среды, 3 – к сохранению постоянства внутренней среды организма и устойчивости основных физиологических функций при постоянных условиях окружающей среды, 4 – к массо- и теплообмену с окружающей средой при любых условиях окружающей среды.

3) При функциональной кумуляции происходит:

1 – накопление вредного вещества в организме при повторных воздействиях, 2 – нарастание изменений в организме, вызванное повторным воздействием веществ, 3 – приспособление организма к действию вредных веществ, 4 – разрушение печени.

4) По данным Обердорстера, частицы диаметром в 20 нм наиболее эффективно оседают:

1 - в гортани, 2 - в трахее, 3 - в бронхах, 4 - в альвеолах

5) Наночастицы химически инертных полимеров, например, фторопласта:

1 – не токсичны и не обладают каталитическим действием; 2 – обладают фотокаталитическим действием; 3 – токсичны в определенной дозе; 4 – токсичны в любой дозе.

6) Не могут вызывать окислительный стресс и воспалительную реакцию:

1 - наночастицы TiO_2 , 2 - наночастицы Ag, 3 - наночастицы Cu, 4 - правильного ответа нет

7) В качестве адъювантов (компонентов вакцин, усиливающих иммунный ответ) могут использоваться:

1 - липосомы, 2 - наноэмульсии, 3 – наночастицы гидроксиапатита, 4 – все перечисленное

8) В качестве неорганических носителей лекарственных веществ могут использоваться

1 – наночастицы мезопористого SiO_2 , 2 – наночастицы TiO_2 , 3 – магнитные наночастицы Fe_3O_4 , 4 – все перечисленные выше

9) «Стэлс»-липосомы - это липосомы, покрытые

1 – гидрофобными полимерами, 2 – фторсодержащими полимерами, 3 – водорастворимыми полимерами, 4 – гидрофильными полимерами.

10) Наночастицы на основе Fe_3O_4

1 – в отдаленной перспективе могут применяться в медицине, 2- не могут применяться в медицине, т.к. вызывают окислительный стресс, 3 - не могут применяться в медицине, т.к. накапливаются в печени и селезенке, 4 – уже используются в медицине

Примеры открытых вопросов

1. Определение токсикологии. Понятие дозы. Кривая «доза-эффект».

2. Понятие гомеостаза. Примеры гомеостаза у млекопитающих.

3. Острое и хроническое воздействие. Отдаленные последствия.

4. Основные пути поступления токсичных веществ в организм. Периоды отравления.

5. Особенности действия частиц в наноразмерном состоянии.

6. Понятие нанотоксикологии. Влияние формы наночастиц. Органы-мишени для наночастиц.

7. Оценка риска при воздействии наноматериалов. Средства защиты при работе с наноматериалами.

8. Наночастицы и окислительный стресс. Примеры.

9. Воспалительная реакция при действии наночастиц.

10. Взаимодействие липосом с клетками и органами иммунной системы. Липосомальные вакцины (виросомы).

11. Неорганические наночастицы для направленного транспорта лекарственных веществ.
12. Липосомы для направленного транспорта лекарственных веществ.
13. Примеры полимерных наночастиц для направленного транспорта лекарственных веществ.
14. Токсическое действие и медицинское применение наночастиц серебра.
15. Токсическое действие и возможности медицинского применения углеродных наночастиц (нанотрубок, фуллеренов, нанодIAMAZOV)

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине «*Биологическое действие наноматериалов*» проводится в 2 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Зачет с оценкой проводится в виде написания теста.

Билет для **зачета с оценкой** состоит из 30 вопросов с 4 вариантами ответов и одного открытого вопроса. Ответы на вопросы **зачета с оценкой** оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за каждый из вопросов с вариантами ответов - 1 балл; максимальное количество баллов за открытый вопрос - 10 баллов.

Пример билета для **зачета с оценкой**

<i>«Утверждаю»</i> Руководитель магистерской программы _____ (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	<i>Кафедра наноматериалов и нанотехнологии</i>
	28.04.03 «Наноматериалы»
	Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
<i>Биологическое действие наноматериалов</i>	
Билет 1	
Студент группы МФ-11 ФИО: _____	
Вопрос 1. Токсичность - это 1 – минимальная доза, при которой проявляется отравление, 2 – мера опасности вещества для человека, 3 – передозировка вещества, 4 – мера несовместимости вещества с жизнью 	
Вопрос 30. Наночастицы на основе Fe₃O₄ 1 – в отдаленной перспективе могут применяться в медицине, 2- не могут применяться в медицине, т.к. вызывают окислительный стресс, 3 - не могут применяться в медицине, т.к. накапливаются в печени и селезенке, 4 – уже используются в медицине	
Открытый вопрос и письменный ответ на него. Определение токсикологии. Понятие дозы. Кривая «доза-эффект».	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Токсикологическая химия. Аналитическая токсикология: учебник / ред.: Р. У. Хабриев, Н. И. Калетина. - М.: "Геотар-Медиа", 2010. - 747 с.
2. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева – 2010, т.1 - 124 с., т.2 – 148 с.

Б. Дополнительная литература

1. Рыжонков Д. И. Наноматериалы: учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. - 2-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 365 с.
2. Мурашова Н.М. Биологические наноструктуры. (учебное пособие) М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010 – 152 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
2. Журнал «Нанотехнологии и охрана здоровья», ISSN 2076-4804
3. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
4. Журнал Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine (<https://www.journals.elsevier.com/nanomedicine-nanotechnology-biology-and-medicine>)
5. Журнал Nanotoxicology (<http://www.tandfonline.com/toc/inan20/current>)
6. Журнал Journal of Biomedical Nanotechnology (<http://www.aspbs.com/JBN>)

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Научная электронная библиотека www.sciencedirect.com.
2. База данных Роспатента www.fips.ru
3. Патентная база данных <http://ep.espacenet.com>
4. База данных научных статей <http://elibrary.ru>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации к лекциям – 8, (общее число слайдов – более 100);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – не менее 80).
- банк вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – не менее 15).

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 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 *«Биологическое действие наноматериалов»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам курса; распечатки слайдов презентаций, примеры рефератов.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки, размещенные на сайте кафедры наноматериалов и нанотехнологии (<http://nano.muctr.ru> дата обращения 15.05.2020), в том числе темы докладов по дисциплине «Биологическое действие наноматериалов»

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Вопросы токсичности наноматериалов	<i>Знает:</i> - основные понятия токсикологии и нанотоксикологии; - механизмы действия токсичных веществ и антидотов; - особенности и механизмы действия наночастиц на живые системы; <i>Умеет:</i> - правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами, выбирать средства защиты; - анализировать научную информацию о биологическом действии наноматериалов;	Оценка за доклады. Оценка за защиту реферата. Оценка на зачете.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	- применять теоретические знания по биологическому действию наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач. <i>Владеет:</i> - информацией о токсичности различных видов наночастиц и наноматериалов; - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с биологическим действием наноматериалов;	
Раздел 2. Механизмы биологического действия наночастиц	<i>Знает:</i> - механизмы действия токсичных веществ и антидотов - особенности и механизмы действия наночастиц на живые системы <i>Умеет:</i> - правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами, выбирать средства защиты; - анализировать научную информацию о биологическом действии наноматериалов; - применять теоретические знания по биологическому действию наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач. <i>Владеет:</i> - информацией о токсичности различных видов наночастиц и наноматериалов; - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с биологическим действием наноматериалов;	Оценка за доклады. Оценка за защиту реферата. Оценка на зачете.
Раздел 3. Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ в организме.	<i>Знает:</i> - особенности и механизмы действия наночастиц на живые системы <i>Умеет:</i> - правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами, выбирать средства защиты; - анализировать научную информацию о биологическом действии наноматериалов; - применять теоретические знания по биологическому действию наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач. <i>Владеет:</i> - информацией о возможностях применении	Оценка за доклады. Оценка за защиту реферата. Оценка на зачете.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	наночастиц и наноматериалов в медицине; - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с биологическим действием наноматериалов;	
Раздел 4. Разнообразие биологического действия наноматериалов	<i>Знает:</i> - особенности и механизмы действия наночастиц на живые системы <i>Умеет:</i> - правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами, выбирать средства защиты; - анализировать научную информацию о биологическом действии наноматериалов; - применять теоретические знания по биологическому действию наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач. <i>Владеет:</i> - информацией о возможностях применения наночастиц и наноматериалов в медицине; - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с биологическим действием наноматериалов.	Оценка за доклады. Оценка за защиту реферата. 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 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

«Биологическое действие наноматериалов»

основной образовательной программы

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Деловой иностранный язык»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

Зав. кафедрой иностранных языков, к.филол.н, к.э.н., доцентом Кузнецовым И.А.,
Профессором, д.п.н., к.х.н. Кузнецовой Т.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры иностранных языков
«30» июня 2025 г., протокол № 10.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Иностранных языков** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Деловой иностранный язык»** относится к обязательной части блока 1 дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области иностранного языка и навыки, приобретенные в ходе изучения дисциплины «Иностранный язык» уровень бакалавриата.

Цель дисциплины – приобретение обучающимися общей, коммуникативной и профессиональной компетенций, уровень которых на отдельных этапах языковой подготовки позволяет использовать иностранный язык как в профессиональной деятельности в сфере делового общения, так и для целей самообразования, а также выполнять различные виды профессионально ориентированного перевода в производственной и научной деятельности.

Задачи дисциплины:

- формирование навыков профессионально-ориентированного и делового общения на иностранном языке в виде письменной и устной речи путем создания у магистров пассивного и активного запаса лексики, в том числе деловой, общенаучной и специальной терминологии, необходимой для работы над типовыми текстами, ознакомления с грамматическими структурами, типичными для стиля деловой речи;

- формирование базовых навыков перевода, на основе рекомендованных в программе учебников и учебных пособий по иностранным языкам для химических вузов.

Дисциплина **«Деловой иностранный язык»** преподается в 1 семестре (очная форма обучения). 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
Коммуникации	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.);
Межкультурное взаимодействие	УК-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	УК-5.1 Знает аспекты проявления межкультурных и лингвокультурных конфликтов; УК-5.2 Умеет адекватно выстраивать стратегию успешного взаимодействия с людьми различного социального и культурного происхождения; УК-5.3 Владеет навыками создания недискриминационной межкультурной среды взаимодействия при выполнении профессиональных задач.

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные способы сочетаемости лексических единиц и основные словообразовательные модели;
- русские эквиваленты основных слов и выражений профессиональной речи;
- основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности;
- пассивную и активную лексику, в том числе общенаучную и специальную терминологию, необходимую для работы над типовыми текстами;
- приемы работы с оригинальной литературой по специальности.

Уметь:

- вести деловую переписку на изучаемом языке;
- работать с оригинальной литературой по специальности;
- работать со словарем;
- вести речевую деятельность применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации.

Владеть:

- иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации, основами публичной речи;
- формами деловой переписки, навыками подготовки текстовых документов в управленческой деятельности;
- основной иноязычной терминологией специальности;
- основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	108,0	81,0
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,9	34,0	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,9	34,0	25,5
Самостоятельная работа	1,4	47,0	35,25
Контактная самостоятельная работа	1,4	0,0	0,0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		47,0	35,25
Виды контроля:			
Экзамен	0,7	27,0	20,25
Контактная работа – промежуточная аттестация	0,7	0,2	0,15
Подготовка к экзамену		26,8	20,1
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. Часов				
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Лаб. рабо- ты	Сам. рабо- та
1.	Раздел 1. Грамматические аспекты делового общения на иностранном языке.	27	-	12	-	15
1.1	Грамматические трудности изучаемого языка: Видовременные формы глагола в действительном залоге. (в письменной и устной речи в сфере делового общения.)	6	-	2	-	4
1.2	Особенности употребления страдательного залога в устной речи в ситуациях бизнес общения. Инфинитив. Образование и употребление инфинитивных оборотов в деловой корреспонденции.	8	-	4	-	4
1.3	Основы деловой корреспонденции. Деловое письмо. Требования к деловому письму. Способы расположения текста в деловом письме.	6	-	2	-	4
1.4	Практика устной речи по теме «Речевой этикет делового общения» (знакомство, представление, установление и поддержание контакта, запрос и сообщение информации, побуждение к действию, выражение просьбы, согласия).	7	-	4	-	3
2.	Раздел 2. Чтение, перевод и особенности специальной бизнес-литературы.	28	-	12	-	16
2.1	Лексические особенности деловой документации. Терминология бизнес-литературы на изучаемом языке.	6	-	2	-	4
2.2	Стилистические и лексические особенности языка делового общения. Активный и пассивный тематический словарный запас.	8	-	4	-	4
2.3	Грамматические трудности изучаемого языка. Особенности употребления неличных форм глагола в деловой документации на английском языке (причастия, причастные обороты, герундий).	6	-	2	-	4

2.4	Изучающее чтение текстов в сфере делового общения. Организация работы со специальными словарями. Понятие о реферировании текстов по специальности.	8	-	4		4
3.	Раздел 3. Профессиональная коммуникация в сфере делового общения	26	-	10	-	16
3.1	Практика устной речи по темам: «Проведение деловой встречи», «Заключение контракта». Устный обмен информацией: Устные контакты в ситуациях делового общения.	6	-	2	-	4
3.2	Изучающее чтение специальных текстов. Приемы работы со словарем. Составление рефератов и аннотаций.	8	-	4	-	4
3.3	Ознакомительное чтение по тематике: «В банке. Финансы»; «Деловые письма»; «Устройство на работу». Формы делового письма. Понятие деловой корреспонденции. Приемы работы с Интернетом и электронной почтой в процессе делового общения.	6	-	2	-	4
3.4	Презентация научного материала и разговорная практика делового общения по темам: «технологии будущего», «Бизнес проекты в сфере химии и химической технологии».	6	-	2	-	4
	Экзамен	27				
	ИТОГО	108	-	34	-	47

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Грамматические аспекты делового общения на иностранном языке.

- 1.1 Грамматические трудности изучаемого языка: Видовременные формы глагола в действительном залоге (в письменной и устной речи в сфере делового общения.)
- 1.2 Особенности употребления страдательного залога в устной речи в ситуациях бизнес общения. Инфинитив. Образование и употребление инфинитивных оборотов в деловой корреспонденции.
- 1.3 Основы деловой корреспонденции. Деловое письмо. Требования к деловому письму. Способы расположения текста в деловом письме.
- 1.4 Практика устной речи по теме «Речевой этикет делового общения» (знакомство, представление, установление и поддержание контакта, запрос и сообщение информации, побуждение к действию, выражение просьбы, согласия).

Раздел 2. Чтение, перевод и особенности специальной бизнес-литературы.

- 2.1 Лексические особенности деловой документации. Терминология бизнес-литературы на изучаемом языке.
- 2.2 Стилистические и лексические особенности языка делового общения. Активный и пассивный тематический словарный запас.
- 2.3 Грамматические трудности изучаемого языка. Особенности употребления неличных форм глагола в деловой документации на английском языке (причастия, причастные обороты, герундий).
- 2.4 Изучающее чтение текстов в сфере делового общения. Организация работы со специальными словарями. Понятие о реферировании текстов по специальности.

Раздел 3. Профессиональная коммуникация в сфере делового общения.

- 3.1 Практика устной речи по темам: «Проведение деловой встречи», «Заключение контракта». Устный обмен информацией: Устные контакты в ситуациях делового общения.
- 3.2 Изучающее чтение специальных текстов. Приемы работы со словарем. Составление рефератов и аннотаций.
- 3.3 Ознакомительное чтение по тематике: «В банке. Финансы»; «Деловые письма»; «Устройство на работу». Формы делового письма. Понятие деловой корреспонденции. Приемы работы с Интернетом и электронной почтой в процессе делового общения.
- 3.4 Презентация научного материала и разговорная практика делового общения по темам: «технологии будущего», «Бизнес проекты в сфере химии и химической технологии».

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	Знать:				
1	– основные способы сочетаемости лексических единиц и основные словообразовательные модели;		+		
2	– русские эквиваленты основных слов и выражений профессиональной речи;	+	+	+	
3	– основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности;	+	+	+	
4	– пассивную и активную лексику, в том числе общенаучную и специальную терминологию, необходимую для работы над типовыми текстами;	+		+	
5	– приемы работы с оригинальной литературой по специальности		+	+	
	Уметь:				
6	– вести деловую переписку на изучаемом языке;	+	+	+	
7	– работать с оригинальной литературой по специальности;	+	+	+	
8	– работать со словарем;	+	+	+	
9	– вести речевую деятельность применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации			+	
	Владеть:				
10	– иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации, основами публичной речи;	+	+		
11	– формами деловой переписки, навыками подготовки текстовых документов в управленческой деятельности;		+	+	
12	– основной иноязычной терминологией специальности;	+	+		
13	– основами реферирования и аннотирования литературы по специальности			+	
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			
14	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального	– УК-4.1 Знает методы и технологии коммуникации для академического и профессионального взаимодействия на государственном и иностранном языках;	+	+	+

	взаимодействия	– 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.);	+	+	+
15	– УК-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия.	– УК-5.1 Знает аспекты проявления межкультурных и лингвокультурных конфликтов;	+	+	+
		– УК-5.2 Умеет адекватно выстраивать стратегию успешного взаимодействия с людьми различного социального и культурного происхождения;	+	+	+
		– УК-5.3 Владеет навыками создания недискриминационной межкультурной среды взаимодействия при выполнении профессиональных задач.	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Очная форма обучения

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1.	Раздел 1	Практическое занятие 1. Грамматические трудности изучаемого языка: Видовременные формы глагола в действительном залоге. (в письменной и устной речи в сфере делового общения.)	2
2.	Раздел 1	Практическое занятие 2. Особенности употребления страдательного залога в устной речи в ситуациях бизнес общения. Инфинитив. Образование и употребление инфинитивных оборотов в деловой корреспонденции.	4
3.	Раздел 1	Практическое занятие 3. Основы деловой корреспонденции. Деловое письмо. Требования к деловому письму. Способы расположения текста в деловом письме.	2
4.	Раздел 1	Практическое занятие 4. Практика устной речи по теме. «Речевой этикет делового общения» (знакомство, представление, установление и поддержание контакта, запрос и сообщение информации, побуждение к действию, выражение просьбы, согласия).	4
5.	Раздел 2	Практическое занятие 5. Лексические особенности деловой документации. Терминология бизнес-литературы на изучаемом языке.	2
6.	Раздел 2	Практическое занятие 6. Стилистические и лексические особенности языка делового общения. Активный и пассивный тематический словарный запас.	4
7.	Раздел 2	Практическое занятие 7. Грамматические трудности изучаемого языка. Особенности употребления неличных форм глагола в деловой документации на английском языке (причастия, причастные обороты, герундий).	2
8.	Раздел 2	Практическое занятие 8. Изучающее чтение текстов в сфере делового общения. Организация работы со специальными словарями. Понятие о реферировании текстов по специальности.	4
9.	Раздел 3	Практическое занятие 9. Практика устной речи по темам: «Проведение деловой встречи», «Заключение контракта». Устный обмен информацией: Устные контакты в ситуациях делового общения.	2
10.	Раздел 3	Практическое занятие 10. Изучающее чтение специальных текстов. Приемы работы со словарем. Составление рефератов и аннотаций.	4
11.	Раздел 3	Практическое занятие 11. Ознакомительное чтение по тематике: «В банке. Финансы»; «Деловые письма»; «Устройство на работу». Формы делового письма. Понятие деловой корреспонденции. Приемы работы с Интернетом и электронной почтой в процессе делового общения.	2

12.	Раздел 3	Практическое занятие 12. Презентация научного материала и разговорная практика делового общения по темам: «технологии будущего», «Бизнес проекты в сфере химии и химической технологии».	2

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;
- выполнение упражнений и тестовых заданий по тематике дисциплины;
- самостоятельную проработку теоретического материала по темам занятий;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу практического курса;
- подготовку к сдаче *экзамена* (1 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 60 баллов) и оценки за *экзамен* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Тематика рефератов не предусмотрена.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольную работу 1 составляет: 20 баллов; за контрольную работу 2 – 20 баллов; за контрольную работу 3 – 20 баллов (1 семестр).

Раздел 1. Контрольная работа № 1.

Примеры заданий к контрольной работе № 1.

Контрольная работа содержит 3 задания:

1 задание: перевод текста с листа – 10 баллов,

2 задание: контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

3 задание: письменный перевод предложений на видовременные формы английского глагола – 5 баллов,

оценка за домашнюю работу и работу в аудитории – 5 баллов.

1. Прочитайте текст с последующим переводом с листа, обращая внимание на употребление видовременных форм глагола в действительном залоге.

Water purification

Water purification is the removal of contaminants from raw water to produce drinking water that is pure enough for human consumption or for industrial use. Substances that are removed during the process include parasites, bacteria, algae, viruses, fungi, minerals (including toxic metals such as Lead, Copper etc.), and man-made chemical pollutants. Many contaminants can be dangerous—but depending on the quality standards, others are removed to improve the water's smell, taste, and appearance. A small amount of disinfectant is usually intentionally left in the water at the end of the treatment process to reduce the risk of re-contamination in the distribution system. Many environmental and cost considerations affect the location and design of water purification plants. There are a number of methods commonly used to purify water. Their effectiveness is linked to the type of contaminant being treated and the type of application the water will be used for.

Filtration: This process can take the form of any of the following:

- Coarse filtration: Also called particle filtration, it can utilize anything from a 1 mm sand filter, to a filter.
- Micro filtration: Uses 1 to 0.1 micron devices to filter out bacteria. A typical implementation of this technique can be found in the brewing process.
- Ultra filtration: Removes pyroxenes, DNA and RNA fragments.
- Reverse osmosis: Often referred to as RO, reverse osmosis is the most refined degree of liquid filtration. Instead of a filter, it uses a porous material acting as a unidirectional sieve that can separate molecular-sized particles.

Distillation: Oldest method of purification. Inexpensive but cannot be used for an on-demand process. Water must be distilled and then stored for later use, making it again prone to contamination if not stored properly. Activated carbon adsorption: Operates like a magnet on chlorine and organic compounds. Ultraviolet radiation: At a certain wavelength, this might cause bacteria to be sterilized and other micro organics to be broken down. Deionization: Also known as ion exchange, it is used for producing purified water on-demand, by passing water through resin beds. Negatively charged (cationic) resin removes positive ions, while positively charged one (anionic) removes negative ions. Continuous monitoring and maintenance of the cartridges can produce the purest water.

2.Контроль лексики – 50 лексических единиц.

3. Перевод предложений на пройденный лексико-грамматический материал

The students were writing down all the data during the experiment.

The researchers will complete the experimental part of their investigation in a week.

They had already completed the experiment when he came.

This technician will have installed the new equipment in our lab by the beginning of the new year.

The production of zinc occurred much later than that of the other common metals.

A number of scientists have confirmed this suggestion.

That matter may exist in three physical states (solid, liquid and gas) is common knowledge.

According to the wave theory, light consists of rapid vibrations.

In the course of his investigations of the solar spectrum, Kirchhoff obtained a number of fundamental results.

In 1911, Ernest Rutherford put forward a model of the atom according to which the atom consists of a small, heavy, charged central nucleus surrounded by a charge distribution of the opposite sign.

Раздел 2. Контрольная работа № 2.

Примеры заданий к контрольной работе № 2.

Контрольная работа содержит 5 заданий:

1 задание: Устный перевод текста – 10 баллов,

2 задание: Письменный перевод 10 предложений (без словаря) – 5 баллов,

3 задание: Контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов.

Прочитайте текст с последующим переводом с листа, обращая внимание на употребление видовременных форм глагола в страдательном залоге и на инфинитивные конструкции.

Solid wastes are generally composed of non-biodegradable and non-compostable biodegradable materials. The latter refer to solid wastes whose biodeterioration is not complete; in the sense that the enzymes of microbial communities that feed on its residues cannot cause its disappearance or conversion into another compound. Parts of liquid waste materials are also considered as solid wastes, where the dredging of liquid wastes will leave solid sedimentation, to which proper waste management techniques should also be applied. Solid waste pollution is when the environment is filled with non-biodegradable and non-compostable biodegradable wastes that are capable of emitting greenhouse gases, toxic fumes, and particulate matters as they accumulate in open landfills. These wastes are also capable of leaching organic or chemical compositions to contaminate the ground where such wastes lay in accumulation. Solid wastes carelessly thrown in streets, highways, and alleyways can cause pollution when they are carried off by rainwater run-offs or by flood water to the main streams, as these contaminating residues will reach larger bodies of water.

2. Письменно переведите предложения (без словаря):

The engine to be installed in this car is very powerful.

Most scientists expect major development in the nearest future to take place in biology.

One will naturally think such course of events to be disastrous not only for science but for future of mankind.

He is not only critical of the work of others, but also of his own, since he knows the man to be the least reliable of scientific instruments.

The theory suggested by Dr. McCarty is reported to fit the experimental data.

For any natural physical state to change, some changes of the condition acting upon this state must occur.

We know acids and bases to be extremely useful substance.

In this experiment scientists seemed to have included some new compounds.

To understand the nature of this phenomenon was very difficult.

The purpose of this experiment is to find a solvent for this mixture.

3. Контроль лексики – 50 лексических единиц

Контрольная работа №3. Примеры заданий к контрольной работе №3.

Контрольная работа №3 содержит 3 задания:

1 задание: перевод статьи и составление к ней аннотации – 10 баллов,

2 задание: письменный перевод предложений, содержащих пройденные грамматические конструкции – 5 баллов,

3 задание: контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

1. Переведите статью и составьте к ней аннотацию:

What Are the Causes of Solid Waste Pollution?

Causes of solid waste pollution are pollutants from households, industrial units, manufacturing units, commercial establishments, landfills, hospitals and medical clinics. The

pollutants from these places may be in the form of non-biodegradable matter or non-compostable degradable matter.

Trash collected from households often takes the form of plastic bags and organic waste. Solid feces flowing out of homes and into sewers pollute underground water. Commercial establishments also pile up a lot of such waste matter. Industrial units involved in manufacturing produce toxic solid waste, such as slag, from the industrial process of obtaining metals from their ores.

Hospitals and clinics also produce waste in the form of disposable syringes, used test tubes, plastic bags used for collecting blood, cotton swabs and used bandages. Such solid waste needs careful handling and disposal. The soil becomes polluted with dangerous medical waste when such matter is disposed of directly into landfills.

Solid waste is usually dumped in landfills. Landfills are large pits in the ground that act as garbage disposal places. The biodegradable matter in landfills becomes a part of the soil gradually. The toxic non-biodegradable and non-compostable matter poses a health hazard as it does not decompose but mixes with the soil and the underground water.

Industrial incinerators are used to burn trash on a large scale. They cause pollution by emitting greenhouse gases while burning solid waste.

Recycling reduces pollution by cutting down on the amount of waste that sits in landfills and clutter that dirties streets, parks, roadsides, rivers and lakes. Solid waste material that ends up in landfills causes air pollution in the form of methane gas emissions. Recycling more waste reduces the amount of methane that escapes into the air. Recycling also reducing the production of virgin resources which process contributes to pollution.

When products such as glass, paper, plastic, wood and metals are thrown away and left to rot in a landfill, their presence leads to increased pollution. Likewise, trash that is thrown on the ground by pedestrians and motorists increases pollution. That debris scatters about and becomes an eyesore and environmental hazard.

Reclaiming city streets, parks, highways and waterways from the pollution created by trash and debris is a major priority for most cities across the United States. Pollution must constantly be monitored so that it does not get out of control and become overly destructive to the environment. When people are careless with trash, their behavior can ruin land and important waterways.

In a world that is increasingly crowded, recycling is crucial in order to prevent the further sprawl of toxic landfills that threaten the delicate balance of the ecosystem. Support the planet by separating recyclable materials into bins or taking materials to recycling centers.

2. Письменно переведите предложения (без словаря)

1. The phlogiston theory is a theory that postulated that a fire-like element called phlogiston is contained within combustible bodies and released during combustion.

2. The theory attempted to explain burning processes such as combustion and rusting, which are now collectively known as oxidation.

3. The theory of phlogiston was suggested by the German Georg Ernst Stahl in the early 18th century

4. Phlogiston remained the dominant theory until the 1780s when Lavoisier showed that combustion requires a gas that has mass (oxygen) and could be measured by means of weighing closed vessels

5. The development of the electrochemical theory of chemical combinations occurred in the early 19th century as the result of the work of two scientists in particular.

6. Davy discovered nine new elements including the alkali metals by extracting them from their oxides with electric current.

7. The current model of atomic structure is the quantum mechanical model.

8. Traditional chemistry starts with the study of elementary particles, atoms, molecules, substances, metals, crystals and etc.

9. This matter can be studied in solid, liquid, or gas states, in isolation or in combination.

10. The interactions, reactions and transformations that are studied in chemistry are usually the result of interactions between atoms, leading to rearrangements of the chemical bonds which hold atoms together.

3. Контроль лексики – 50 лексических единиц

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – экзамен).

Билет для *экзамена* включает контрольные вопросы по разделам 1-3 рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса. 1 вопрос – 15 баллов, вопрос 2 – 15 баллов, вопрос 3 – 10 баллов.

Примерный перечень вопросов:

1. Лексическая система языка.
2. Слово как важнейшая, относительно самостоятельная единица языка. Слово и его дефиниции. Обобщающая функция слова.
3. Лексическое значение слова. О понятии «лексика».
4. Науки, изучающие лексику (лексикология, семасиология, лексикография, фразеология, этимология и др.).
5. Пути пополнения лексики: развитие полисемии, заимствования, в том числе калькирование, словообразование.
6. Историческое изменение словарного состава языка. Этимология. Фразеология.
7. Лексикография. Основные типы лингвистических словарей.
8. Строение словарной статьи толкового и двуязычного словаря. Содержание словарной статьи.
9. Грамматический строй языка.
10. Основные единицы грамматического строя языка. Структура слова и словообразование.
11. Грамматическое значение и его формальные показатели.
12. Полифункциональность грамматических форм и взаимодействие грамматики с лексикой. Способы и средства выражения грамматических значений.
13. Грамматическая категория. Словоизменяемые и несловоизменяемые категории.
14. Классификации языков.
15. Принципы классификации языков: географический, культурно-исторический, этногенетический, типологический и др.
16. Индоевропейская языковая семья, её основные группы. Языки мёртвые и живые.
17. Праязык-основа. О прародине индоевропейского языка-основы.
18. Взаимодействие лингвистики с археологией, историей, этнографией и другими науками.

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

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (1 семестр)

Экзамен по дисциплине «*Деловой иностранный язык*» проводится в 1 семестре (очная форма обучения) и включает контрольные вопросы по разделам 1-3 учебной программы дисциплины. Билет для *экзамена* состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для экзамена:

«Утверждаю» Заведующая кафедрой иностранного языка (Должность, наименование кафедры) Кузнецова Т.И. (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 202_ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра иностранных языков
	28.04.03 Наноматериалы Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
	Деловой иностранный язык
Билет № 1 1. Письменный перевод текста с английского языка на русский. 2. Устный перевод отрывка текста (с листа). 3. Сообщение и беседа по одной из пройденных тем Ответы на вопросы.	

1. Вопрос. Выполните письменный перевод текста с английского языка на русский (со словарем).

The term ecology is sometimes confused with the term environmentalism. Environmentalism is a social movement aimed at the goal of protecting natural resources or the environment, and which may involve political lobbying, activism, education, and so forth. Ecology is the science that studies living organisms and their interactions with the environment. As such, ecology involves scientific methodology and does not dictate what is "right" or "wrong." However, findings in ecology may be used to support or counter various goals, assertions, or actions of environmentalists.

Consider the ways an ecologist might approach studying the life of honeybees:

- The behavioural relationship between individuals of a species is behavioural ecology—for example, the study of the queen bee, and how she relates to the worker bees and the drones.
- The organized activity of a species is community ecology; for example, the activity of bees assures the pollination of flowering plants. Bee hives additionally produce honey, which is consumed by still other species, such as bears.
- The relationship between the environment and a species is environmental ecology—for example, the consequences of environmental change on bee activity. Bees may die out due to environmental changes. The environment simultaneously affects and is a consequence of this activity and is thus intertwined with the survival of the species.

2. Вопрос. Выполните устный перевод отрывка текста (с листа).

Hydroxide

Hydroxide is a chemical compound that contains the hydroxyl (-OH) radical. The term refers especially to inorganic compounds. Organic compounds that have the hydroxyl radical as a functional group are called alcohols; the hydroxyl radical is also present in the carboxyl group of organic acids. Most metal hydroxides are bases, forming solutions that have an excess of OH⁻ ions and a pH greater than 7, they neutralize acids, and change the colour of litmus from red to blue. Alkali metal hydroxides such as sodium hydroxide are considered to be strong bases and are very soluble in water; alkaline-earth metal hydroxides such as calcium hydroxide are much less soluble in water and are not as strongly basic. Magnesium hydroxide is only slightly basic. Some hydroxides (e.g., aluminium hydroxide) exhibit amphotericism¹, having either acidic or basic properties depending on the reaction in which they are involved. The hydroxides of some non-metallic elements are acidic; the hydroxide of sulphur, S(OH)₆, spontaneously loses two molecules of water to form sulphuric acid, H₂SO₄. Ammonium hydroxide, NH₄OH, is a weak base known only in the solution that is formed when the gas ammonia, NH₃, dissolves in water.

3. Вопрос: Беседа по теме: Mendeleev University.
1. Speak about the foundation and structure of the university.
2. What kind of subjects do you study?

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Английский язык для химиков – технологов: учебно-методический комплекс в 2 ч.: учеб. пособие/. Кузнецова Т. И. Воловикова Е. В. Кузнецов И. А.; под ред. Т. И. Кузнецовой – М.: М. РХТУ, 2021 г. - 412 с.
2. Кузнецов, И. А., Кузнецова, Т. И., Дистанционный образовательный электронный курс «Английский язык для профессиональной коммуникации» размещённый в ЭСУО Moodle [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. А. Кузнецов, Т. И. Кузнецова — Электрон. дан. — Москва: РХТУ, 2018.
3. Кузьменкова, Ю. Б. Английский язык для технических направлений (А1): учебное пособие для вузов / Ю. Б. Кузьменкова. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 207 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11608-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/495261> (дата обращения: 08.02.2024).
4. Беляева, И. В. Иностранный язык в сфере профессиональной коммуникации: комплексные учебные задания [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. В. Беляева, Е. Ю. Нестеренко, Т.И. Сорогина. — Электрон. дан. — Москва: ФЛИНТА, 2017. — 132 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92749>.
5. Английский язык для естественно-научных направлений: учебник и практикум для вузов / Л. В. Полубиченко, Е. Э. Кожарская, Н. Л. Моргун, Л. Н. Шевырдяева; под редакцией Л. В. Полубиченко. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 311 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15168-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489569> (дата обращения: 08.02.2024).

Б. Дополнительная литература

1. Англо-русский словарь химико-технологических терминов / Е. С. Бушмелева, Л. К. Генг, А. А. Карпова, Т. П. Рассказова. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 132 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08001-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493385> (дата обращения: 08.02.2024).
2. Стогниева, О. Н. Английский язык для ИТ-направлений. English for Information Technology: учебное пособие для вузов / О. Н. Стогниева. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 143 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07849-7. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492791> (дата обращения: 08.02.2024).
3. Краснова, Т. И. Английский язык для специалистов в области интернет-технологий. English for Internet Technologies: учебное пособие для вузов / Т. И. Краснова, В. Н. Вичугов. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 205 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8573-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490272> (дата обращения: 08.02.2024).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
 - Презентации к лекциям.
- Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.openet.ru> – Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ;
 - <http://window.edu.ru/> – Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»;
 - <http://fepo.i-exam.ru> – ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС;
 - <https://muctr.ru> – Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, D.Mendeleev University of Chemical Technology of Russia. Учебные планы и программы;
 - <http://www.translators-union.ru> – портал Союз переводчиков России (СПР);
 - <http://www.russian-translators.ru> – Национальная лига переводчиков;
 - <http://www.internationalwriters.com> – The Translator's Tool Box.
- Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:
- <http://doaj.org/> – Directory of Open Access Journals (DOAJ); ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира;
 - <https://www.doabooks.org/> – Directory of Open Access Books (DOAB); в базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами;
 - <https://www.biomedcentral.com/> – BioMed Central; база данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе;
 - <https://arxiv.org/> – электронный ресурс arXiv; крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. Имеется подробный тематический каталог и возможность поиска статей по множеству критериев;
 - <http://www.mdpi.com/> – коллекция журналов MDPI AG; междисциплинарный цифровой издательский ресурс, является платформой для рецензируемых научных журналов открытого доступа, издающихся MDPI AG (Базель, Швейцария). Издательство выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе;
 - <http://www.intechopen.com/> – издательство с открытым доступом InTech; первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни;
 - <http://www.chemspider.com/> – база данных химических соединений ChemSpider; ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry);
 - <http://journals.plos.org/plosone/> – Коллекция журналов PLOS ONE; PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. Все журналы размещены в свободном доступе (Open Access), все статьи проходят строгое научное рецензирование;
 - <http://www.uspto.gov/> – US Patent and Trademark Office (USPTO); Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. по настоящее время;
 - <http://worldwide.espacenet.com/> – Espacenet - European Patent Office (EPO); Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.

– http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru – Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС).

Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:

- Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
- Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
- Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
- Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных практических занятий;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов -300);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов 300).
- онлайн-курсы на портале study.muctr.ru "Английский язык для профессиональной коммуникации" (<https://study.muctr.ru/course/view.php?id=220>), межфакультетский образовательный онлайн курс «Теория и практика перевода» (<https://study.muctr.ru/course/view.php?id=217>), аудиозаписи текстов, предусмотренных в программе для чтения и перевода в процессе обучения.

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 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 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 «*Иностранный язык*» проводятся в форме практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет. Компьютерный класс, оргтехника, теле-, аудио - и видеоаппаратура; мультимедийный проектор, широкоформатный экран.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Комплекты плакатов к разделам занятий.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

- информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам занятий;
- электронные презентации к разделам занятий; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде;
- кафедральная библиотека электронных изданий и диссертационных работ, выполненных аспирантами и сотрудниками кафедры.

Электронные информационные ресурсы, доступные пользователям

РХТУ им. Д.И. Менделеева

в 2025 году (2 квартал)

Фонд ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

№	Электронный ресурс	Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором
1.	Электронно - библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И. Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)	Принадлежность – собственная РХТУ. Ссылка на сайт ЭБС – http://lib.muctr.ru/ Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера	Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП.
2.	CAS SciFinder Discovery Platform	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ	CAS SciFinder Discovery Platform - платформа, созданная Chemical Abstracts Service подразделением Американского химического общества.

		от 05.05.2025 г. № 327 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://scifinder-n.cas.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	CAS SciFinder - онлайн-сервис, обеспечивающий поиск и анализ информации в области химии, биохимии, фармацевтики, генетики, химической инженерии, материаловедения, нанотехнологий, физики, геологии, металлургии и других смежных дисциплин.
3.	Wiley Journals Database	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 326, 329 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://onlinelibrary.wiley.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа: https://www.wiley.com/en-us/customer-success/brightcove-research-training/how-to-access-wiley-online-library-content-remotely	John Wiley & Sons, Inc. – крупнейшее академическое издательство с мультидисциплинарным контентом. В портфолио издательства более 1600 научных рецензируемых журналов, 22 000 книг и монографий, а также 250 справочников и энциклопедий. Wiley Journal Database и Wiley Journal Backfiles – полнотекстовые коллекции, которые включают в себя как текущие, так и архивные выпуски из более чем 1700 журналов издательства, охватывающие такие области как гуманитарные, естественные, общественные и технические науки, а также сельское хозяйство, медицину и здравоохранение. Глубина доступа: 1997 - 2004 гг. (до 30.06.2025 г.); 2025 г. (бессрочно)

4.	Questel. База данных Orbit Premium edition	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 25.04.2025 г. № 310 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.orbit.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ к ресурсу только через SAML (Security Assertion Markup Language) аутентификацию.	Orbit Premium edition (Orbit Intelligence Premium) – база данных патентного поиска, объединяющая информацию о более чем 122 миллионах патентных публикаций, полученную из 120 международных патентных ведомств, включая РосПатент, Всемирную организацию интеллектуальной собственности (ВОИС), Европейскую патентную организацию. База включает не только зарегистрированные патенты, но и документы от стадии заявки до регистрации. Большинство документов содержат аннотации на английском языке, полные тексты документов приводятся на языке оригинала.
5.	Электронные ресурсы издательства SAGE Publications eBook Collections	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 30.10.2022 г. № 1403 С 01.11.2022.г. – бессрочно Ссылка на сайт – https://sk.sagepub.com/books/discipline Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	eBook Collections - полнотекстовая коллекция электронных книг (монографий) издательства SAGE Publications по различным областям знаний. Глубина доступа: 1984 - 2021 гг.

6.	World Scientific Publishing Co Pte Ltd. База данных World Scientific Complete eJournal Collection	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 15.06.2023 г. № 883 С 01.11.2022.г. до 01.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.worldscientific.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	World Scientific Complete eJournal Collection – мультидисциплинарная полнотекстовая коллекция журналов международного научного издательства World Scientific Publishing, которая охватывает такие тематики, как математика, физика, компьютерные науки, инженерное дело, науки о жизни, медицина и социальные науки. Особое внимание в коллекции уделено исследованиям Азиатско-тихоокеанского региона, которые объединены в группу журналов Asian Studies. Глубина доступа: 2001-2025
7.	Электронные ресурсы Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1948 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Springer Journals – полнотекстовая политематическая коллекция журналов издательства Springer по различным отраслям знаний, которая включает более 2 900 наименований журналов по дисциплинам: Глубина доступа: 1997 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	Nature Journals – полнотекстовая коллекция журналов издательства Nature Publishing Group, входящего в группу компаний Springer Nature, включающая журналы издательств Nature, Academic journals, Scientific American и Palgrave Macmillan. Глубина доступа: 2007 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Adis Journals – полнотекстовая коллекция журналов и информационных бюллетеней издательства Adis, размещенная на платформе Springer Nature. Коллекция включает 19 рецензируемых журналов по медицине, биомедицине и фармакологии. Глубина доступа: 2020 - 2024 гг.

		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
8.	Электронные ресурсы Springer Nature Physical Sciences & Engineering Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals – база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематические коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы Nature Publishing Group, а именно Nature journals (год издания - 2024 г.) тематической коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе: https://www.nature.co
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
9.	Электронные ресурсы Springer Nature Social Sciences Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2034 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	

10.	База данных 2021, 2023 eBook Collections Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 02.08.2022 г. № 1045 Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1947 Бессрочно Ссылка на сайт http://link.springer.com/ О настройках удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства. Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Springer eBook Collections – полнотекстовая архивная коллекция электронных книг издательства Springer Nature на английском языке по различным отраслям знаний. Глубина доступа: 2005 - 2010 гг.; 2018 - 2024 гг.
11.	Электронные ресурсы AIPP Digital Archive издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1945 Бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен	AIPP Journal Collection – база данных, содержащая архивную полнотекстовую коллекцию из 29 журналов и сборников конференций издательства American Institute of Physics Publishing. в области прикладной физики и смежных областях знания. Глубина доступа: 1929-1998 гг.
12.	Электронные ресурсы AIPP E- Book Collection I + Collection II издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 31.10.2022 г. № 1404 С 01.11.2022 г. – бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org/ebooks Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен	AIPP Ebook Collection I + AIPP Ebook Collection II – полнотекстовые коллекции книг издательства American Institute of Physics Publishing в области прикладной и химической физики, биологии, энергетики, оптики, фотоники, материаловедения и нанотехнологий и др. Глубина доступа: 2020 - 2022 гг.

13.	Bentham Science Publishers База данных Journals	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 24.08.2022 г. № 1136 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bypublication С инструкцией по настройке удаленного доступа можно ознакомиться по ссылке Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Bentham journal collection – полнотекстовая коллекция журналов издательства Bentham Science, которое публикует научные, технические и медицинские издания, охватывающие различные области от химии и химической технологии, инженерии, фармацевтических исследований и разработок, медицины до социальных наук. Глубина доступа: 2000 - 2021 гг. (до 01.06.2025 г.); 2022 - 2025 гг.
14.	Bentham Science Publishers База данных eBooks	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 08.09.2022 г. № 1217 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bybook Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Books – полнотекстовая коллекция электронных книг издательства Bentham Science Publishers, в которую включены издания по следующим областям науки: химия, физика, материаловедение, астрономия, оптика, фотоника, энергетика, инженерия, математика, статистика, информатика и вычислительная техника, медицина, фармакология, окружающая среда, бизнес, экономика, финансы и др. Глубина доступа: 2004 - 2022 гг.

15.	EBSCO eBook	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 28.04.2023 г. № 708 Бессрочно Ссылка на сайт – https://web.p.ebscohost.com/ehost/search/basic?vid=0&sid=d6f3a513-2512-4b52-bd8c-4ff40c184aed%40redis Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ по индивидуальной регистрации.	EBSCO eBooks – полнотекстовая междисциплинарная коллекция, которая включает более 5000 электронных книг от ведущих научных и университетских издательств и охватывает широкий спектр тем: бизнес, всемирная история, инженерия, литературоведение, медицина, образование, политология, религия, социальные науки, технологии, философия, экономика, языковедение и др. Глубина доступа: 2011 - 2023 гг.
16.	Научные журналы РАН	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.10.2024 г. № 1080 Бессрочно Ссылка на сайт – https://journals.rcsi.science/ Доступ осуществляется на основе IP-адресов университета и персональной регистрации	Полнотекстовая коллекция журналов Российской академии наук включает 141 наименование журналов, охватывающих различные научные специальности. Глубина доступа: 2023-2025 Бессрочно

Бесплатные архивные коллекции, приобретенные Минобрнауки для вузов.

[Архив Издательства American Association for the Advancement of Science. Пакет «Science Classic» 1880-1996](#)

[Архив Издательства Annual Reviews. Пакет «Full Collection» 1932-2005](#)

[Архив издательства Института физики \(Великобритания\). Пакет «Historical Archive 1874-1999» с первого выпуска каждого журнала по 1999, 1874-1999](#)

[Архив издательства Nature Publishing Group. Пакет «Nature» с первого выпуска первого номера по 2010, 1869-2010](#)

[Архив издательства Oxford University Press. Пакет «Archive Complete» с первого выпуска каждого журнала по 1995, 1849-1995](#)

[Архив издательства Sage. Пакет «2010 SAGE Deep Backfile Package» с первого выпуска каждого журнала по 1998, 1890-1998](#)

[Архив издательства Taylor & Francis. Full Online Journal Archives. с первого выпуска каждого журнала по 1996, 1798-1997](#)

[Архив издательства Cambridge University Press. Пакет «Cambridge Journals Digital Archive \(CJDA\)» с первого выпуска каждого журнала по 2011, 1827-2011](#)

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>
Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.
2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>
В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.
3. BioMed Central <https://www.biomedcentral.com/> База данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе.
3. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>
Крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. критериев.
4. Коллекция журналов MDPI AG <http://www.mdpi.com/>
Многодисциплинарный цифровой издательский ресурс выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе.
5. Издательство с открытым доступом InTech <http://www.intechopen.com/>
Первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни.
6. База данных химических соединений ChemSpider <http://www.chemspider.com/>
ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry).
7. Коллекция журналов PLOS ONE <http://journals.plos.org/plosone/>
PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. рецензирование.
8. US Patent and Trademark Office (USPTO) <http://www.uspto.gov/>
Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. По настоящее время.
9. Espacenet - European Patent Office (EPO) <http://worldwide.espacenet.com/>
Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.
10. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС)
http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru
Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:
 - Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
 - Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
 - Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
 - Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня
11. The Association for Computing Machinery (ACM) – международное некоммерческое профессиональное сообщество, основанное в 1947 году, объединяющее преподавателей, исследователей и специалистов в области вычислительной техники, информационных и компьютерных технологий. Ссылка на ресурс: <https://dl.acm.org> Ссылка на раздел Open access: <https://www.acm.org/publications/openaccess>

12. Annual Reviews – некоммерческая академическая издательская компания, выпускающая журналы с 1932 года.

В портфолио издательства 51 журнал, тематика которых охватывает области естественных и социальных наук, наук о жизни, биомедицину, экономику и др.

Ссылка на ресурс: <https://www.annualreviews.org/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.annualreviews.org/S2O>

13. Cambridge University Press – старейшее в мире университетское издательство, публикующее исследовательские работы, справочные и учебные материалы по широкому кругу дисциплин. Контент издательства представлен на онлайн-платформе Cambridge Core, на которой доступно 117 журналов и 372 книги открытого доступа, 317 журналов гибридного доступа.

Ссылка на ресурс: <https://www.cambridge.org/universitypress>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.cambridge.org/core/publications/open-access>

14. The Royal Society of Chemistry включает 12 журналов «золотого» открытого доступа, кроме того, все журналы общества являются гибридными и в них могут публиковаться материалы открытого доступа.

Журналы общества охватывают основные химические науки, включая смежные области, такие как биология, биофизика, энергетика и окружающая среда, машиностроение, материаловедение, медицина и физика.

Ссылка на ресурс: <https://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=current>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.rsc.org/journals-books-databases/open-access/>

15. Taylor & Francis на сегодняшний день издательство выпускает около 180 журналов с полностью открытым доступом.

Ссылка на ресурс: <https://www.tandfonline.com/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.tandfonline.com/openaccess/openjournals>

16. Издательство John Wiley & Sons, Inc. включает около 230 журналов «золотого» открытого доступа и более 1300 гибридных журналов.

Ссылка на ресурс:

<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=&ConceptID=15941&startPage=>

Ссылка на раздел Open access: <https://authorservices.wiley.com/open-research/open-access/browse-journals.htm>

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	20 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	CorelDRAW Graphics Suite X5 Education License	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	5 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3.	Управление проектами Project expert tutorial	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
4.	Неисключительная лицензия на использование SOLIDWORKS EDU Edition 2019-2020 Network - 200 Users	Контракт №28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
5.	SolidWorks EDU Edition 2020-2021 Network - 200 U бессрочная sers	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
6.	Неисключительная лицензия на право использования Учебного комплекта Компас-3D v21 на 50 мест КТПП	Контракт №189-240ЭА/2023 от 15.01.2024	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3D v21 "Проектирование и конструирование в машиностроении" на 50 мест	бессрочная
7.	Среда разработки Delphi	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
8.	Среда разработки C++ Builder	Контракт № 143-	1 лицензия для активации на	бессрочная

		164ЭА/2010 от 14.12.10	рабочих станциях	
9.	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10.	Система проектирования СА ErWin Modeling Suite Bundle	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
11.	OriginPro 8.1 Department Wide License	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
12.	Программа обработки экспериментальных данных BioOffice ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
13.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw pro	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
14.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
15.	MATLAB Academic new Product Group Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	3 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
16.	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
17.	Instrument Control Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
18.	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
19.	Fuzzy Logic Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 14.12.10		
20.	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
21.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
22.	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
23.	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
24.	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
25.	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
26.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
27.	NI Circuit Design Suite	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	10 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
28.	Неисключительная лицензия OriginLab ORIGINPRO- New License Node-Lock License Singl Seat EDUCATIONAL	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
29.	Неисключительная лицензия Originlab Annual Maintenance Renewal OriginPro 2022b Perpetual Node-Locked Academic Licens	Контракт №72-99ЭА/2022 от 29.08.2022	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
30.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-	24 лицензии для активации на	бессрочная

		64ЭА/2013 от 02.12.2013	рабочих станциях	
31.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
32.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
33.	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)
34.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	-	24 месяца (продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
35.	iSpring Suite Max	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
36.	iSpring Suite версия 11	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
37.	Планы Мини	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1	30.09.2025
38.	Astra Linux Special Edition для 64-х разрядной платформы на базе процессорной архитектуры x86-64	Контракт №189- 240ЭА/2023	60 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 15.01.2024		
39.	COMSOL Multiphysics, Лицензия на учебный класс (CKL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
40.	COMSOL Multiphysics, Плавающая сетевая лицензия (FNL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
41.	Антиплагиат.ВУЗ 5.0	Контракт № 13-143К/2025 от 30.04.2025	1	19.05.2026

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

1.

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Грамматические аспекты делового общения на иностранном языке	<i>Знает:</i> – русские эквиваленты основных слов и выражений деловой и профессиональной речи; – основные приемы и методы перевода, реферирования и аннотирования литературы по специальности; – пассивную и активную лексику, в том числе деловую, общенаучную и специальную терминологию, необходимую для работы над типовыми текстами. <i>Умеет:</i> – вести речевую деятельность применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации; – работать с оригинальной литературой по специальности; – работать со словарем. <i>Владеет:</i> – иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации; – основной иноязычной терминологией специальности.	Оценка за контрольную работу № 1 (1 семестр)
Раздел 2. Чтение, перевод и особенности специальной бизнес-литературы.	<i>Знает:</i> – основные способы сочетаемости лексических единиц и основные словообразовательные модели; – русские эквиваленты основных слов и выражений деловой и профессиональной речи; – основные приемы и методы перевода, реферирования и аннотирования литературы по специальности; – приемы работы с оригинальной литературой по специальности. <i>Умеет:</i> – работать с оригинальной литературой по специальности; – работать со словарем; – вести деловую переписку на изучаемом языке. <i>Владеет:</i> – иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере	Оценка за контрольную работу № 2 (1 семестр)

	бытовой, деловой и профессиональной коммуникации; – формами деловой переписки, навыками подготовки текстовых документов в управленческой деятельности; – основной иноязычной терминологией специальности.	
Раздел 3. Профессиональная коммуникация в сфере делового общения	<i>Знает:</i> – русские эквиваленты основных слов и выражений профессиональной речи; – основные приемы и методы перевода, реферирования и аннотирования литературы по специальности; – пассивную и активную лексику, в том числе общенаучную и специальную терминологию, необходимую для работы над типовыми текстами; – приемы работы с оригинальной литературой по специальности. <i>Умеет:</i> – работать с оригинальной литературой по специальности; – работать со словарем; – вести деловую переписку на изучаемом языке; – вести речевую деятельность применительно к сфере бытовой и профессиональной коммуникации. <i>Владет:</i> – иностранным языком на уровне делового и профессионального общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере деловой и профессиональной коммуникации, основами публичной речи; – формами деловой переписки, навыками подготовки текстовых документов в управленческой деятельности; – основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.	Оценка за контрольную работу № 3 (1 семестр) Оценка за экзамен (1 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;

- 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
«Деловой иностранный язык»
основной образовательной программы
28.04.03. Наноматериалы
код и наименование направления подготовки (специальности)
«Химическая технология наноматериалов»
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.

**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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Дифракционные методы исследования наноматериалов»**

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии Мурадовой А.Г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Дифракционные методы исследования наноматериалов»** относится к блоку обязательных дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области методов анализа наноматериалов.

Цель дисциплины - приобретение знаний, умений, владений и формирование компетенций в области методов лазерной дифракции для анализа наноматериалов.

Задачи дисциплины – формирование у обучающихся представлений об основных методах исследования и диагностики наноматериалов и наноструктур.

Дисциплина **«Дифракционные методы исследования наноматериалов»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **профессиональных 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				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – исследование свойств наносистем и наноматериалов с помощью современных методов анализа; – самостоятельная эксплуатация современного аналитического и синтетического оборудования приборов	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов;	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)

соответствии с квалификацией.	– компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем.			
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – выработка новых теоретических подходов и принципов дизайна наносистем и наноматериалов с заданными свойствами; – разработка новых высокоэффективных методов создания современных	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического контроля этапов разработки наноструктурированных

наносистем и наноматериалов; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические,	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления

маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок, – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; – участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	смешанные) агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. – D Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- теоретические основы статического и динамического рассеивания света;
- устройство и принцип работы лазерных анализаторов размера частиц;
- возможности и области применения методов динамического светорассеяния

для исследования наноматериалов;

Уметь:

- анализировать изображения и данные, полученные методом динамического рассеяния света;
- формулировать технические требования к объектам исследования;

Владеть:

- навыками обработки и интерпретации данных, полученных методом динамического рассеяния света;
- методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с применением лазерной дифракции для анализа наноматериалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,41	51	38
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	2,59	93	70
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,7
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	В т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	В т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа	В т.ч. в форме пр. подг.
1	Раздел 1. Теоретические основы светорассеяния	44	-	6	11	-	27	-
1.1	Введение. Диагностика и методы исследования наноматериалов и наноструктур	14	-	2	3	-	9	-
1.2	Теоретические основы светорассеяния	15	-	2	4	-	9	-
1.3	Теория молекулярного рассеяния света	15	-	2	4	-	9	-
2	Раздел 2. Динамическое и статическое рассеивание света	45	8	6	12	4	27	4
2.1	Поглощение и рассеяние света сферической частицей (теория Ми)	23	4	3	6	2	14	2
2.2	Динамическое рассеивание света	22	4	3	6	2	13	2
3	Раздел 3. Лазерные анализаторы. Схемы установок	43	-	5	11	-	27	-
3.1	Составные элементы анализаторов размера частиц	21	-	3	5	-	13	-
3.2	Принципиальные схемы установок лазерных анализаторов	22	-	2	6	-	14	-
	Подготовка к экзамену	12	-	-	-	-	12	-
	Всего часов	180	8	17	34	4	93	4

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Теоретические основы светорассеяния

1.1. Введение. Диагностика и методы исследования наноматериалов и наноструктур. Методы определения размера частиц. Ситовый метод. Седиментационный метод. Кондуктометрический метод. Метод микроскопии, разновидности микроскопов. Техническое оснащение, общая конструкция электронных микроскопов и характеристики информации, получаемой с использованием различно оснащенных микроскопов. Разрешающая способность микроскопов. Подготовка образцов для исследования на

микроскопах. Определение диаметра несферических частиц. Принципиальные возможности электронных микроскопов в случае их применения для анализа материалов.

1.2. Теоретические основы светорассеяния. История светорассеяния. Оптический диапазон электромагнитных волн. Физические основы процессов рассеяния и поглощения света. Условия и виды рэлеевского рассеяния. Рассеяние малыми частицами поляризованного и неполяризованного света. Рассеяние на флуктуациях и частицах. Явления, наблюдающиеся при распространении света в дисперсных системах. Упругое и неупругое рассеяние.

1.3. Теория молекулярного рассеяния света. Явления Мандельштама-Бриллюэна и Рамана. Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния. Вынужденное комбинационное рассеяние. Модель Лоренца. Теория Рэлея молекулярного рассеяния. Основные следствия теории Рэлея. Молекулярное рассеяние на флуктуациях анизотропии в газе. Молекулярная рефракция.

Раздел 2. Динамическое и статическое рассеивание света

2.1. Поглощение и рассеяние света сферической частицей (теория Ми). Спектральные характеристики рассеяния света на сферических частицах. Влияние структуры и формы рассеивающих частиц на оптические характеристики дисперсной системы. Особенности индикатрис рассеяния на сферических частицах в зависимости от размера и оптических постоянных. Векторная диаграмма Ми. Теория Фраунгофера. Многократное рассеивание. Статическое рассеивание света.

2.2. Динамическое рассеивание света. Основные идеи динамического рассеивания света. Параметры определения методом динамического светорассеяния Гидродинамический диаметр. Электрокинетический потенциал. Электрокинетические явления. Теория ДЭС. Молекулярная масса. Сравнение методов статического и динамического рассеяния света.

Раздел 3. Лазерные анализаторы. Схемы установок

3.1. Составные элементы анализаторов размера частиц. Лазеры, принцип работы лазера. Виды лазеров. Активная среда лазеров. Накачка, механизм «накачки» лазеров. Оптический резонатор. Характеристики качества излучения лазеров. Детекторы фотонов. Фотоэмиссионные устройства. Прибор корреляции. Система счета фотонов.

3.2. Принципиальные схемы установок лазерных анализаторов. Принципиальные схемы установок лазерных анализаторов компании Fritsch, Malvern, Horiba и прочее. Приборы, особенности моделей лазерных анализаторов, дополнительные модули. Применение метода лазерной дифракции для исследования наноматериалов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	Знать:				
1	– теоретические основы статического и динамического рассеивания света	-	+	+	
2	– устройство и принцип работы лазерных анализаторов размера частиц	-	+	+	
3	– возможности и области применения методов динамического светорассеяния для исследования наноматериалов	-	+	+	
	Уметь:				
4	– анализировать изображения и данные, полученные методом динамического рассеяния света;	-	+	+	
5	– формулировать технические требования к объектам исследования;	+	+	+	
	Владеть:				
6	– навыками обработки и интерпретации данных, полученных методом динамического рассеяния света;	-	-	+	
7	– методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с применением лазерной дифракции для анализа наноматериалов.	-	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
8	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне	+	+	+
9		ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	+	+	+
10	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты	+	+	+

11	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1	Введение. Диагностика и методы исследования наноматериалов и наноструктур	3
2	1.2	Теоретические основы светорассеяния	4
3	1.3	Теория молекулярного рассеяния света	4
4	2.1	Поглощение и рассеяние света сферической частицей (теория Ми)	6
5	2.2	Динамическое рассеивание света	6
6	3.1	Составные элементы анализаторов размера частиц	5
7	3.2	Принципиальные схемы установок лазерных анализаторов	6

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины **«Дифракционные методы исследования наноматериалов»** предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры обучающегося в объеме 93 ч в 3 семестре (2,58 зач. ед.). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу дисциплины;
- 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, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины;
- написание реферата по выбранным темам (по выбору);
- подготовку к сдаче экзамена 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

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Программой дисциплины предусмотрено выполнение двух реферативно-аналитических работ. Максимальная оценка за каждый реферат составляет 15 баллов.

Подготовка и защита реферата

Подготовка и защита реферата включает в себя поиск и детальный анализ двух и более источников научной информации (научной статьи или патента) по получению наноматериалов различными методами (физическими, химическими) и применению наноматериалов. Анализируется актуальность работы, описанной в статье или патенте, перспективность направления, достоинства, недостатки, практическая значимость и возможность внедрения. Максимальная оценка за реферат – 15 баллов. Объем реферата составляет 10-15 страниц.

План реферата по научной статье или патенту.

1. Актуальность
2. Что сделано
3. Достоинства (новые подходы, оригинальные методы, интересные результаты)
4. Недостатки
5. Практическая значимость и возможность внедрения
6. Оценка / Вывод

Для защиты реферата нужно: предоставить оригинал статьи или патента (распечатанный), текст реферата в соответствии с планом, сделать доклад и ответить на вопросы.

Примерная тематика реферативно-аналитической работы:

1. Теория Ми в измерении размера частиц
2. Теория Фраунгофера в измерении размера частиц
3. Не дифракционные методы анализа частиц (седиментационный метод, ситовый метод, метод микроскопии и т.д.)
4. Лазерная диагностика в биологии и медицине.
5. Источник излучения в лазерных анализаторах. Виды лазеров, преимущества и недостатки.
6. Рассеяние света на больших и малых частицах.
7. Определение дзета-потенциала и молекулярной массы методом светорассеяния.
8. Принципиальные схемы установок анализаторов размера частиц.
9. Применение метода лазерной дифракции
10. Оптическая система лазерных анализаторов.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 3 семестра составляет по 15 баллов за каждую. Максимальная оценка контрольных работ составляет 45 баллов. Контрольные работы пишутся в форме развернутого ответа на вопросы.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работы №1. Максимальная оценка – 15 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, каждый из которых оценивается в 7,5 баллов.

1. Метод микроскопии, разновидности микроскопов.
2. Рассеяние малыми частицами поляризованного и неполяризованного света.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работы №2. Максимальная оценка – 15 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, каждый из которых оценивается в 7,5 баллов.

1. Спектральные характеристики рассеяния света на сферических частицах.
2. Теория ДЭС.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работы №2. Максимальная оценка – 15 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, каждый из которых оценивается в 7,5 баллов.

1. Прибор корреляции. Система счета фотонов.
2. Применение метода лазерной дифракции для исследования наноматериалов.

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

Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов. Экзаменационный билет содержит 2 вопроса.

- 1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – экзамен).

Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов

1. Методы определения размера частиц. Ситовый метод. Седиментационный метод. Кондуктометрический метод.

2. Метод микроскопии, разновидности микроскопов. Техническое оснащение, общая конструкция электронных микроскопов и характеристики информации, получаемой с использованием различно оснащенных микроскопов. Разрешающая способность микроскопов.

3. Метод микроскопии. Подготовка образцов для исследования на микроскопах. Определение диаметра несферических частиц. Принципиальные возможности электронных микроскопов в случае их применения для анализа материалов.

4. История светорассеяния. Оптический диапазон электромагнитных волн. Физические основы процессов рассеяния и поглощения света. Условия и виды рэлеевского рассеяния.

5. Рассеяние малыми частицами поляризованного и неполяризованного света. Рассеяние на флуктуациях и частицах. Явления, наблюдающиеся при распространении света в дисперсных системах.

6. Упругое и неупругое рассеяние.

7. Явления Мандельштама-Бриллюэна и Рамана.

8. Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния. Вынужденное комбинационное рассеяние. Модель Лоренца.

9. Теория Рэлея молекулярного рассеяния. Основные следствия теории Рэлея. Молекулярное рассеяние на флуктуациях анизотропии в газе. Молекулярная рефракция.

10. Спектральные характеристики рассеяния света на сферических частицах. Влияние структуры и формы рассеивающих частиц на оптические характеристики дисперсной системы.

11. Особенности индикатрис рассеяния на сферических частицах в зависимости от размера и оптических постоянных. Векторная диаграмма Ми.
12. Теория Фраунгофера. Многократное рассеивание. Статическое рассеивание света.
13. Основные идеи динамического рассеивания света. Параметры определения методом динамического светорассеяния Гидродинамический диаметр.
14. Электрокинетический потенциал. Электрокинетические явления. Теория ДЭС. Молекулярная масса. Сравнение методов статического и динамического рассеяния света.
15. Лазеры, принцип работы лазера. Виды лазеров. Активная среда лазеров. Накачка, механизм «накачки» лазеров. Оптический резонатор. Характеристики качества излучения лазеров.
16. Детекторы фотонов. Фотоэмиссионные устройства.
17. Прибор корреляции. Система счета фотонов.
18. Принципиальные схемы установок лазерных анализаторов.
19. Приборы, особенности моделей лазерных анализаторов, дополнительные модули.
20. Применение метода лазерной дифракции для исследования наноматериалов.

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

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (3 семестр).

Экзамен по дисциплине **«Дифракционные методы исследования наноматериалов»** проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для **экзамена** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы **экзамена** оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 20 баллов, второй – 20 баллов.

Пример билета для **экзамена**:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы» Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов
	Квалификация «магистр» Дифракционные методы исследования наноматериалов
Билет № 1 1. Методы определения размера частиц. Ситовый метод. Седиментационный метод. Кондуктометрический метод. 2. Детекторы фотонов. Фотоэмиссионные устройства.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева – 2010, т.1 - 124 с., т.2 – 148 с.

Б. Дополнительная литература

1. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности, ИД Интеллект, 2011 г., 568 с.
2. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологий [Текст]: учебное пособие / В. В. Старостин. - 2-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 431 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
2. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
3. Journal of Applied Physics, ISSN 1089-7550
4. Журнал «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X
5. ACS Nano Print Edition ISSN: 1936-0851, Web Edition ISSN: 1936-086X

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com, www.scopus.com.
2. Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org>
3. Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
4. Ресурсы RCS: <http://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=all>
5. Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25).

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 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 *«Дифракционные методы исследования наноматериалов»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL	Контракт № 28-35ЭА/2020 от	-	12 месяцев с возможностью

	OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	26.05.2020		продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Теоретические основы светорассеяния	Знает: - теоретические основы статического и динамического рассеивания света; Умеет: - формулировать технические требования к объектам исследования; Владеет: - методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с применением лазерной дифракции для анализа наноматериалов.	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка на экзамене.
Раздел 2. Динамическое и статическое рассеивание света	Знает: - теоретические основы статического и динамического рассеивания света; - устройство и принцип работы лазерных анализаторов размера частиц; Умеет: - анализировать изображения и данные, полученные методом динамического рассеяния света; - формулировать технические требования к объектам исследования; Владеет: - методами работы с научной литературой и	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	электронно-библиотечными ресурсами, связанными с применением лазерной дифракции для анализа наноматериалов.	
Раздел 3. Лазерные анализаторы. Схемы установок	Знает: - теоретические основы статического и динамического рассеивания света; - устройство и принцип работы лазерных анализаторов размера частиц; - возможности и области применения методов динамического светорассеяния для исследования наноматериалов; Умеет: - анализировать изображения и данные, полученные методом динамического рассеяния света; - формулировать технические требования к объектам исследования; Владеет : - навыками обработки и интерпретации данных, полученных методом динамического рассеяния света; - методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с применением лазерной дифракции для анализа наноматериалов.	Оценка за контрольную работу № 3. Оценка за реферат по всем разделам. Оценка на экзамене.

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

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

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

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры 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
«Дифракционные методы исследования наноматериалов»
основной образовательной программы
 28.04.03 Наноматериалы
 магистерская программа
 «Химическая технология наноматериалов»
 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
РХТУ им. Д.И. Менделеева
протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Дополнительные главы математики»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена

заведующим кафедрой высшей математики, к.т.н. Е.Г.Рудаковской,

доцентом кафедры высшей математики, к.т.н. Е.Л.Гордеевой,

доцентом кафедры высшей математики, к.т.н. В.В.Осипчик

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры высшей математики РХТУ
им. Д.И. Менделеева «15» мая 2025 г., протокол № 7.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы** (ФГОС ВО), накопленного опытом преподавания дисциплины кафедрой высшей математики РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение курса в течение одного семестра.

Дисциплина «**Дополнительные главы математики**» относится к дисциплинам учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что для успешного освоения дисциплины обучающийся должен знать основы высшей математики, теории вероятностей и математической статистики, изучаемые в курсе «Математика» бакалавриата.

Цель дисциплины – знакомство с современными методами статистической обработки экспериментальных данных с использованием средств информационных технологий на основе углублённого изучения курса математической статистики.

Задачи дисциплины – получение представлений об актуальных проблемах использования статистических методов в химии и химической технологии, а также практическая реализация основных подходов к анализу данных с использованием вероятностно-статистических методов.

Дисциплина «**Дополнительные главы математики**» 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 **универсальных компетенций и индикаторов их достижения**:

Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Составляет аннотации по результатам поиска информации из документальных источников и исследовательской литературы; УК-1.2. Создает аналитический обзор по заданной теме, сопоставляя данные различных источников с использованием критериального подхода; УК-1.3. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними;

Общепрофессиональных компетенций и индикаторов их достижения:

Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
ОПК-1. Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области получения и исследования наноматериалов и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и	ОПК-1.1. Знает основные приёмы и методы обработки экспериментальной информации и построения математических моделей. ОПК-1.2. Знает основные приёмы и методы обработки экспериментальной информации и построения математических моделей

математических моделей	ОПК-1.3. Владеет математическим аппаратом для описания, анализа и моделирования процессов нанотехнологий

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные приёмы и методы обработки статистической информации: расчёт выборочных характеристик случайных величин, использование статистических гипотез для переноса результатов выборочного обследования на генеральную совокупность;
- методы регрессионного и корреляционного анализа;
- основы дисперсионного анализа;
- методы анализа многомерных данных;
- базовую терминологию, относящуюся к теоретическому описанию основных перспективных направлений развития методов обработки экспериментальных данных;

уметь:

- анализировать и критически оценивать современные научные достижения в области своих научных исследований;
- использовать полученные знания для решения профессиональных и социальных задач.

владеть:

- базовой терминологией, относящейся к статистической обработке экспериментальных данных;
- практическими навыками обработки статистической информации с использованием информационных технологий;
- методологией современных научных исследований, критической оценкой полученных результатов, творческим анализом возникающих новых проблем в области химии и химической технологии.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
			2	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	3	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,42	51	1,42	51
Лекции	0,45	16	0,45	16
Практические занятия (ПЗ)	0,97	35	0,97	35
Самостоятельная работа	1,58	57	1,58	57
Контактная самостоятельная работа	1,58	0,2	1,58	0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		56,8		56,8
Вид контроля – Зачет		+		+
Вид итогового контроля:			Зачет	

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
			2	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.

Общая трудоемкость дисциплины	3	81	3	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,42	38	1,42	38
Лекции	0,45	12	0,45	12
Практические занятия (ПЗ)	0,97	26	0,97	26
Самостоятельная работа	1,58	43	1,58	43
Контактная самостоятельная работа	1,58	0,15	1,58	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		42,85		42,85
Вид контроля – Зачет		+		+
Вид итогового контроля:			Зачет	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов			
		Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	Раздел 1. Основы математической статистики	36	6	12	18
1.1	Основные статистические методы анализа экспериментальных данных. Применение информационных технологий для обработки результатов эксперимента.	9	2	3	4
1.2	Предварительная обработка результатов эксперимента: построение эмпирической функции распределения, гистограммы, кумуляты. Получение статистических оценок распределения выборки.	9	2	3	4
1.3	Проверка статистических гипотез. Проверка гипотез о равенстве дисперсий, о равенстве математических ожиданий. Проверка гипотезы о виде закона распределения. Проверка гипотез непараметрическими методами.	9	1	3	5
1.4	Вычисление выборочного коэффициента корреляции Пирсона. Ранговые коэффициенты корреляции. Оценка значимости коэффициентов корреляции.	9	1	3	5
	Раздел 2. Статистические	36	4	13	19

	методы анализа данных				
2.1	Однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ.	18	2	6	10
2.2	Регрессионный анализ. Построение уравнения регрессии от одного параметра.	18	2	7	9
	Раздел 3. Статистическая обработка многомерных данных	36	6	10	20
3.1	Понятие о методах анализа многомерных данных. Основы корреляционного и ковариационного анализа. Множественная регрессия.	12	2	2	8
3.2	Методы снижения размерности: метод главных компонент и факторный анализ.	12	2	4	6
3.3	Основные методы классификации: кластерный и дискриминантный анализ. Перспективы развития статистических методов обработки экспериментальных данных.	12	2	4	6
	Всего часов:	108	16	35	57

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основы математической статистики

1.1. Основные статистические методы анализа экспериментальных данных. Типы измерительных шкал. Применение информационных технологий для обработки результатов эксперимента.

1.2. Предварительная обработка результатов эксперимента: построение эмпирической функции распределения, гистограммы, кумуляты. Получение статистических оценок распределения выборки. Свойства оценок. Точечные оценки. Интервальные оценки параметров распределения.

1.3. Проверка статистических гипотез. Основные понятия. Схема проверки гипотез. Проверка гипотез о равенстве дисперсий, о равенстве математических ожиданий. Проверка гипотезы о виде закона распределения по критерию χ^2 – Пирсона. Проверка гипотез непараметрическими методами: критерий Манна-Уитни и критерий Вилкоксона.

1.4. Вычисление выборочного коэффициента корреляции Пирсона. Ранговые коэффициенты корреляции Спирмена и Кендалла. Оценка значимости коэффициентов корреляции.

Раздел 2. Статистические методы анализа данных

2.1. Дисперсионный анализ: понятие дисперсионного анализа, основные определения. Однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ.

2.2. Регрессионный анализ. Линейная регрессия от одного параметра. Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии и его адекватности. Нелинейная регрессия.

Раздел 3. Статистическая обработка многомерных данных

3.1. Понятие о методах анализа многомерных данных. Назначение и классификация многомерных методов. Основы корреляционного и ковариационного анализа. Многомерный регрессионный анализ.

3.2. Методы снижения размерности: метод главных компонент и факторный анализ. Основные понятия и предположения факторного анализа. Общий алгоритм. Основные этапы факторного анализа.

3.3. Основные методы классификации. Дискриминантный анализ. Основные понятия и предположения дискриминантного анализа. Дискриминантный анализ как метод классификации объектов. Кластерный анализ. Общая характеристика методов кластерного анализа. Меры сходства. Иерархический кластерный анализ. Метод k-средних. Критерии качества классификации. Перспективы развития статистических методов обработки экспериментальных данных.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен		Разделы		
		1	2	3
Знать:				
– основные приёмы и методы обработки статистической информации: расчёт выборочных характеристик случайных величин, использование статистических гипотез для переноса результатов выборочного обследования на генеральную совокупность;		+	+	+
- методы регрессионного и корреляционного анализа;		+	+	+
основы дисперсионного анализа;		+	+	+
- методы анализа многомерных данных;		+	+	+
- базовую терминологию, относящуюся к теоретическому описанию основных перспективных направлений развития методов обработки экспериментальных данных		+	+	+
Уметь:				
– анализировать и критически оценивать современные научные достижения в области своих научных исследований;		+	+	+
- использовать полученные знания для решения профессиональных и социальных задач		+	+	+
Владеть:				
– базовой терминологией, относящейся к статистической обработке экспериментальных данных;		+	+	+
- практическими навыками обработки статистической информации с использованием информационных технологий;		+	+	+
- методологией современных научных исследований, критической оценкой полученных результатов, творческим анализом возникающих новых проблем в области химии и химической технологии		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>универсальные компетенции и индикаторы их достижения:</i>				
Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК			
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на	УК-1.1. Составляет аннотации по результатам поиска информации из документальных источников и	+	+	+

основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	исследовательской литературы;			
	УК-1.2. Создает аналитический обзор по заданной теме, сопоставляя данные различных источников с использованием критериального подхода;	+	+	+
	УК-1.3. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними;	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК			
ОПК-1. Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области получения и исследования наноматериалов и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей	ОПК-1.1. Знает основные приёмы и методы обработки экспериментальной информации и построения математических моделей.	+	+	+
	ОПК-1.2. Знает основные приёмы и методы обработки экспериментальной информации и построения математических моделей	+	+	+
	ОПК-1.3. Владеет математическим аппаратом для описания, анализа и моделирования процессов нанотехнологий	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1.	1.1	Практическое занятие 1 Предварительная обработка экспериментальных данных. Описательная статистика	2
2.	1.2	Практическое занятие 2 Получение статистических оценок выборки	2
3.	1.3	Практическое занятие 3 Проверка статистических гипотез о равенстве дисперсий, о равенстве математических ожиданий	2
4.	1.4	Практическое занятие 4 Проверка гипотез непараметрическими методами: критерий согласия Пирсона, критерий Манна-Уитни, критерий Вилкоксона	3
5.	1.5	Практическое занятие 5 Вычисление выборочных коэффициентов корреляции Пирсона, Спирмена, Кендалла	2

6.		Контрольная работа № 1	2
7.	2.1	Практическое занятие 6 Однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ	2
8.	2.2	Практическое занятие 7 Построение уравнения регрессии и его анализ	2
9.	2.3	Практическое занятие 8 Анализ временных рядов	2
10.	2.4	Практическое занятие 9 Моделирование временных рядов	2
11.		Контрольная работа № 2	2
12.	3.1	Практическое занятие 10 Метод главных компонент	2
13.	3.2	Практическое занятие 11 Факторный анализ	2
14.	3.3	Практическое занятие 12 Методы классификации: кластерный анализ	2
15.	3.4	Практическое занятие 13 Методы классификации: дискриминантный анализ	2
16.	3.5	Практическое занятие 14 Статистическое управление процессом методом контрольных карт	2
17.		Контрольная работа № 3	2
ИТОГ	35 часов		

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- ознакомление с рекомендованной литературой, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- выполнение домашних заданий и применение информационных технологий при выполнении домашних заданий;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче **зачета** (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 учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ: 3 контрольные работы во 2 семестре (максимальная оценка за 1 контрольную работу – 30 баллов, максимальная оценка за 2 контрольную работу – 30 баллов, максимальная оценка за 3 контрольную работу – 40 баллов). Форма контроля - зачет (все баллы набираются в семестре). Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 4 вопроса: за 1 и 2 вопросы по 7 баллов и за 3 и 4 вопросы по 8 баллов.

Вариант № 1

1. Для выборки объемом $n=10$, полученной из нормально распределённой генеральной совокупности найти оценки математического ожидания, дисперсии и среднеквадратического отклонения, построить доверительный интервал для математического ожидания и среднего квадратического отклонения, приняв доверительную вероятность $\gamma = 0,95$:

20,4 21,9 18,7 16,4 19,7 18,9 22,5 16,1 22,0 14,3

2. Используя χ^2 -критерий, при уровне значимости $\alpha = 0,05$ установить, случайно или значимо расхождение между эмпирическими m_i и теоретическими $m_i^{\text{теор}}$ частотами, которые вычислены, исходя из гипотезы о нормальном распределении генеральной совокупности.

m_i	6	12	23	31	28
$m_i^{\text{теор}}$	7	10	21	35	27

3. Проведено измерение мощности горизонта А (у, см) вдоль некоторой линии через 1 м (х):

х, м	0	1	2	3	4	5
у, см	5	7	6	10	9	12

Найти выборочный коэффициент корреляции Спирмена и оценить его значимость при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

4. Для проверки стабильности электролиза растворов хлоридов щелочных металлов определяли содержание NaOH (мг NaOH/л щелочи) до (х) и после (у) фильтра:

х	100,1	115,1	130,0	93,6	108,3	137,2	104,4	97,3
у	96,6	115,6	125,5	94,0	103,3	134,4	100,2	97,3

При уровне значимости $\alpha = 0,05$ выяснить, есть ли различие между обеими сериями анализов.

Вариант № 2

1. Для выборки объемом $n=10$, полученной из нормально распределённой генеральной совокупности найти оценки математического ожидания, дисперсии и среднеквадратического отклонения, построить доверительный интервал для математического ожидания и среднего квадратического отклонения, приняв доверительную вероятность $\gamma = 0,95$:

1,8 6,1 10,2 5,4 6,5 2,9 9,4 1,5 4,7 3,6

2. Используя критерий χ^2 - Пирсона, при уровне значимости $\alpha = 0,05$ проверить равномерность распределения, если наблюдаемые частоты для некоторого признака принимают значения:

9, 8, 10, 15, 8.

3. Из двух партий изделий, изготовленных на одинаково настроенных станках, извлечены малые выборки. Результаты для контролируемых размеров I и II станков:

I станок	2.5	2.7	2.9	3.1	II станок	2.4	2.6	2.8
n_i	2	3	4	1	m_i	2	3	7

Требуется проверить гипотезу о равенстве средних размеров изделий. Предполагается, что результаты измерений распределены нормально и выборки независимы ($\alpha = 0,05$).

4. В таблице приводятся данные о выходе продукта (в %) без катализатора и в присутствии катализатора.

Без катализатора	80	87	92	54	93	76	63	59
С катализатором	94	96	92	5	88	70	62	90

Можно ли считать, что присутствие катализатора увеличивает выход продукта? Принять уровень значимости $\alpha=0,05$.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 4 вопроса: за 1 и 2 вопросы по 7 баллов и за 3 и 4 вопросы по 8 баллов.

Вариант № 1

1. Исследовалась очистка сточных вод способом осаждения твёрдых частиц в течение определённого срока отстоя:

Срок, дни	Величина осадка, г/м ³ воды			
15	8,0	8,4	9,0	8,6
20	8,2	9,0	10,0	10,0
25	11,0	13,0	12,0	

Необходимо выяснить, существенно ли влияние длительности отстоя на величину осадка твёрдых частиц. Принять уровень значимости $\alpha = 0,05$.

2. Исследовалось влияние на выход продукта двух видов катализаторов А, Б и трёх различных технологий получения. В таблице приведены величины выхода продукта в тоннах. Влияют ли факторы (вид катализатора и технология) на выход продукта? Принять уровень значимости $\alpha = 0,05$.

Вид катализатора	Технология		
	1	2	3
А	1,3	1,5	1,7
Б	2,7	2,0	2,2

3. Получены экспериментальные данные растворимости хлорида бария в воде (y) в присутствии хлорида кальция (x) при 70°C (объём выборки $n = 5$):

$x, \%$	0	5	8	10	15
$y, \%$	32	25	20	17	11

Найти уравнение линейной регрессии $\bar{y}_x = b_0 + b_1x$ зависимости растворимости хлорида бария от содержания хлорида кальция.

4. По экспериментальным данным, представленным в таблице, найти коэффициенты уравнения нелинейной регрессии вида $\bar{y}_x = b_0 + b_1x + b_2x^2$, оценить значимость уравнения регрессии и значимость коэффициентов уравнения регрессии. Принять уровень значимости $\alpha = 0,05$.

x	0	1	2	3	4	5	6
y	2	7	9	13	16	18	20

Вариант № 2

1. Оценить значимость различия в производительности реакторов. Средняя производительность трёх реакторов представлена в таблице:

Реактор	Средняя производительность, т/сутки		
1	160	161	165
2	150	164	164
3	146	155	160

Принять уровень значимости $\alpha = 0,05$.

2. Выход вещества (в %) при температуре 10°C и 20°C (фактор А) и продолжительности процесса кристаллизации 7 ч и 17 ч (фактор Б) представлен в таблице. Оценить значимость различия в выходе продукта при разной температуре и продолжительности процесса кристаллизации, а также значимость взаимного влияния температуры и продолжительности процесса на выход продукта. Принять уровень значимости $\alpha = 0,05$.

T	Время	Выход, %			
10°C	7 ч	40	30	30	50
	17 ч	90	80	65	70
20°C	7 ч	70	50	60	70
	17 ч	50	30	30	40

3. Исследовалась зависимость содержания железа ($y, \%$) в кристаллах медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ от содержания FeSO_4 ($x, \text{г/л}$) в маточном растворе:

x	60	70	85	100	105
y	0,96	0,93	1,47	1,86	2,48

Найти уравнение линейной регрессии $\bar{y}_x = b_0 + b_1x$ зависимости содержания железа в кристаллах от содержания FeSO_4 ($x, \text{г/л}$) в растворе.

4. По экспериментальным данным, представленным в таблице, найти коэффициенты уравнения нелинейной регрессии вида $\bar{y}_x = b_0 + b_1x + b_2x^2$, оценить значимость уравнения и значимость коэффициентов. Принять уровень значимости $\alpha = 0,05$.

x	0	1	2	3	4	5	6
y	5	10	14	15	17	21	25

Разделы 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 4 вопроса по 10 баллов за вопрос.

Вариант 1

1. Построить уравнение множественной линейной регрессии $\bar{y}_x = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$ по данным таблицы. Оценить значимость уравнения и его коэффициентов при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

x1	3,5	7,4	2,5	3,7	5,5	8,3	6,7	1,2
x2	5,3	1,6	6,3	9,4	1,4	9,2	2,5	2,2
y	64,7	80,9	24,6	43,9	77,7	20,6	66,9	34,3

2. По выборке найдены значения главных компонент для i -го наблюдения $f_{i1} = 0,661$, $f_{i2} = -2,151$ и матрица факторных нагрузок

$$A = \begin{pmatrix} -0,756 & 0,654 \\ 0,756 & 0,654 \end{pmatrix}$$

Найти значения исходных показателей x_{i1} и x_{i2} , если выборочные оценки средних равны $\bar{x}_1 = 5$, $\bar{x}_2 = 10$, а выборочные оценки средних квадратических отклонений равны $s_1 = 0,072$, $s_2 = 0,333$.

3. В 5 пробах с 5 участков месторождения измерено содержание золота (x, %) и меди (y, %):

x	0,15	0,3	0,1	0,2	0,04
y	1,0	0,9	0,2	0,5	0,6

С целью нахождения перспективных районов провести кластерный анализ и построить дендрограмму. Данные предварительно не стандартизовать. Расстояния между кластерами вычислять методом «ближайшего соседа».

4. Имеются два набора проб (X1–перспективные и X2– неперспективные), в которых определены концентрации двух гомологов метана:

$$X1 = \begin{pmatrix} 5,0 & 3,3 \\ 4,6 & 3,4 \end{pmatrix} \quad X2 = \begin{pmatrix} 5,7 & 2,8 \\ 6,1 & 3,0 \\ 6,0 & 2,7 \end{pmatrix}$$

Вычислить линейную дискриминантную функцию и классифицировать наблюдение (5,7; 2,5).

Вариант 2

1. Построить уравнение множественной линейной регрессии $\bar{y}_x = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$ по данным таблицы. Оценить значимость уравнения и его коэффициентов при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

x1	7	1	11	11	7	11	3	1

x2	26	29	56	31	52	55	71	31
y	78,5	74,3	104,3	87,6	95,9	109,2	102,7	72,5

2. По выборке найдены значения главных компонент для i -го наблюдения $f_{i1} = -0,484$, $f_{i2} = 1,053$ и матрица факторных нагрузок

$$A = \begin{pmatrix} -0,791 & 0,611 \\ 0,791 & 0,611 \end{pmatrix}$$

Найти значения исходных показателей x_{i1} и x_{i2} , если выборочные оценки средних равны $\bar{x}_1 = 0,85$, $\bar{x}_2 = 2,307$, а выборочные оценки средних квадратических отклонений равны $s_1 = 0,072$, $s_2 = 0,093$.

3. В 5 пробах с 5 участков месторождения измерено содержание серебра (x , %) и меди (y , %):

x	0,25	0,48	0,8	0,55	0,1
y	0,3	0,65	1,4	1,52	0,5

С целью нахождения перспективных районов провести кластерный анализ и построить дендрограмму. Данные предварительно не стандартизовать. Расстояния между кластерами вычислять методом «ближайшего соседа».

4. Имеются два набора проб ($X1$ –перспективные и $X2$ – неперспективные), в которых определены концентрации двух гомологов метана:

$$X1 = \begin{pmatrix} 5,0 & 1,4 \\ 5,1 & 1,7 \end{pmatrix} \quad X2 = \begin{pmatrix} 6,5 & 4,6 \\ 5,6 & 3,9 \\ 5,7 & 4,5 \end{pmatrix}$$

Вычислить линейную дискриминантную функцию и классифицировать наблюдение (5,7; 4,9).

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

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачет).

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

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

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Фролов А.Н. Краткий курс ТВ и МС, уч. пособие, Лань, 2017 г., 304 с.
2. Теория вероятностей и математическая статистика. [Электронный ресурс]: учебник для прикладного бакалавриата: Электронная копия / В. Е. Гмурман. - 12-е изд. - М.: Юрайт, 2014. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Б) Дополнительная литература:

1. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. [Электронный ресурс]: учебное пособие для прикладного бакалавриата: Электронная копия / В. Е. Гмурман. - 11-е изд. – М.: Юрайт, 2014. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
2. Теория вероятностей и математическая статистика. Рудаковская Е.Г., Рушайло М.Ф., Старшова Т.Н., Аверина О.В., Гордеева Е.Л., Изотова С.А. /Учебное пособие под ред. Рушайло М.Ф., Рудаковской Е.Г., –М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2012. –84 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации.

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации.
- Комплекс обучающих программ.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://kvm.muctr.ru/> – сайт кафедры высшей математики.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

– компьютерные презентации интерактивных лекций – <https://moodle.muctr.ru/>, (общее число слайдов – 160);

– банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (50 вариантов на каждую контрольную точку, всего 3 контрольные работы, общее число вариантов – 150);

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет **1 563 142** 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 «Дополнительные главы математики» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающихся.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий, оборудованные традиционными учебными досками и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Учебно-методические пособия, разработанные на кафедре высшей математики, выложены на сайте кафедры <http://kvm.muctr.ru> и на сайте библиотеки РХТУ имени Д.И.Менделеева <https://lib.muctr.ru>.

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

Персональные компьютеры, принтеры, сканер и копировальный аппарат используются для подготовки раздаточных материалов.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине, комплекты контрольных и экзаменационных билетов.

Учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно
2.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная
3.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно
4.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook	Контракт № 175-262ЭА/2019 от 30.12.2019	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

5.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Договор № 99-155ЭА-223/2024 от 25.11.2024	24 месяца (продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Формы и методы контроля и оценки результатов освоения разделов

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы математической статистики	Знает: основные приёмы и методы обработки статистической информации: расчёт выборочных характеристик случайных величин, использование статистических гипотез для переноса результатов выборочного обследования на генеральную совокупность; методы регрессионного и корреляционного анализа; основы дисперсионного анализа; методы анализа многомерных данных; базовую терминологию, относящуюся к теоретическому описанию основных перспективных направлений развития методов обработки экспериментальных данных. Умеет: анализировать и критически оценивать современные научные достижения в области своих научных исследований; использовать полученные знания для решения профессиональных и социальных задач. Владеет: базовой терминологией, относящейся к статистической обработке экспериментальных данных; практическими навыками обработки статистической информации с использованием информационных технологий; методологией современных научных исследований, критической оценкой полученных результатов, творческим анализом возникающих новых проблем в области химии и химической технологии.	Оценка за контрольную работу № 1
Раздел 2. Статистические методы анализа данных	Знает: основные приёмы и методы обработки статистической информации: расчёт выборочных характеристик случайных величин, использование статистических гипотез для переноса результатов выборочного обследования на генеральную совокупность; методы регрессионного и корреляционного анализа; основы дисперсионного анализа; методы анализа многомерных данных;	Оценка за контрольную работу № 2

	базовую терминологию, относящуюся к теоретическому описанию основных перспективных направлений развития методов обработки экспериментальных данных. Умеет: анализировать и критически оценивать современные научные достижения в области своих научных исследований; использовать полученные знания для решения профессиональных и социальных задач. Владеет: базовой терминологией, относящейся к статистической обработке экспериментальных данных; практическими навыками обработки статистической информации с использованием информационных технологий; методологией современных научных исследований, критической оценкой полученных результатов, творческим анализом возникающих новых проблем в области химии и химической технологии.	
Раздел 3. Статистическая обработка многомерных данных	Знает: основные приёмы и методы обработки статистической информации: расчёт выборочных характеристик случайных величин, использование статистических гипотез для переноса результатов выборочного обследования на генеральную совокупность; методы регрессионного и корреляционного анализа; основы дисперсионного анализа; методы анализа многомерных данных; базовую терминологию, относящуюся к теоретическому описанию основных перспективных направлений развития методов обработки экспериментальных данных. Умеет: анализировать и критически оценивать современные научные достижения в области своих научных исследований; использовать полученные знания для решения профессиональных и социальных задач. Владеет: базовой терминологией, относящейся к статистической обработке экспериментальных данных; практическими навыками обработки статистической информации с использованием информационных технологий; методологией современных научных исследований, критической оценкой полученных результатов, творческим анализом возникающих новых проблем в области химии и химической технологии.	Оценка за контрольную работу № 3

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
«Дополнительные главы математики»
 основной образовательной программы
28.04.03 Наноматериалы

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Зондовая микроскопия»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена д.х.н., профессором Королевой М.Ю.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «**Зондовая микроскопия**» относится к блоку дисциплин по выбору учебного плана, части, определяемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области методов анализа наноматериалов.

Цель дисциплины – формирование у обучающихся знаний о сканирующей зондовой микроскопии, ее теоретических основ, принципов работы и возможности использования для актуальных задач нанотехнологии и наноматериалов.

Задачи дисциплины:

- приобретении обучающимися знаний об устройстве и принципе работы сканирующего зондового микроскопа;
- формирование у обучающихся системных знаний в области методов сканирующей зондовой микроскопии;
- формирование у обучающихся понимания о возможностях и ограничениях использования методов сканирующего зондового микроскопа в различных областях наноматериалов, выработка на этой основе системного подхода к постановке и выполнению научных исследований в указанной области, способности анализировать и критически оценивать получаемые результаты, предлагать пути решения поставленных задач.

Дисциплина «**Зондовая микроскопия**» 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:**

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				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – исследование свойств наносистем и наноматериалов с помощью современных методов анализа; самостоятельная эксплуатация современного аналитического и синтетического оборудования и приборов	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)

соответствии с квалификацией.	обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем.			
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – выработка новых теоретических подходов и принципов дизайна наносистем и наноматериалов с заданными свойствами; – разработка новых высокоэффективных методов создания современных наносистем и	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического контроля этапов разработки наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7)

наноматериалов; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные) агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке

фундаментальных исследований и технологических разработок, – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	пр.); – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. D Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- классификацию методов сканирующей зондовой микроскопии;
- устройство, принцип работы и физические основы сканирующих зондовых микроскопов;
- принципы реализации атомарного разрешения в сканирующих зондовых микроскопах;
- общие представления о разрешающей способности различных видов;
- возможности и области применения методов СЗМ для исследования наноматериалов.

Уметь:

- анализировать изображения и данные, полученных различными методами СЗМ;
- корректно определять морфологию нанообъектов и наноматериалов;
- использовать стандартные методики СЗМ для анализа наноматериалов;
- формулировать технические требования к объектам исследования.

Владеть:

- навыками обработки изображений, полученных различными методами СЗМ;
- принципами проведения эксперимента на современных приборах сканирующей зондовой микроскопии;
- методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам сканирующей зондовой микроскопии.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,41	51	38
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	2,59	93	70
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,7
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п.п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа	в т.ч. в форме пр. подг.
1	Основы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)	53	-	9	18	-	26	-
1.1	Современные методы визуализации наноматериалов	3	-	1	2	-	-	-
1.2	Введение в сканирующую зондовую микроскопию (СЗМ)	3	-	1	2	-	-	-
1.3	Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ).	14	-	2	4	-	8	-
1.4	Атомно-силовая микроскопия	19	-	3	6	-	10	-
1.5	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия	14	-	2	4	-	8	-
2	Возможности и применение СЗМ	23	-	4	8	-	11	-
2.1	Другие виды СЗМ	9	-	2	4	-	3	-
2.2	Возможности СЗМ	14	-	2	4	-	8	-
3	Применение СЗМ	32	-	4	8	-	20	-
3.1	Применение СЗМ для исследования основных классов наноматериалов	14	8	2	4	4	8	4
3.2	Исследование биологических объектов с помощью СЗМ	9	-	1	2	-	6	-
3.3	Современные приборы и методы СЗМ	9	-	1	2	-	6	-
	Подготовка к экзамену	36	-	-	-	-	36	-
	Экзамен	36	-	-	-	-	-	-
	Итого	180	8	17	34	4	93	4

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1 Основы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)

Раздел 1.1 Современные методы визуализации наноматериалов

Современные методы визуализации и исследования нанообъектов и наноматериалов. Понятия разрешающей способности и дифракционного предела. Атомарное разрешение в современных методах исследования. Сравнение основных микроскопических методов (оптические, электронные, зондовые). Преимущества, недостатки и области применения сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ).

Раздел 1.2. Введение в сканирующую зондовую микроскопию (СЗМ)

Современные методы визуализации нанообъектов. История развития сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Устройство и принцип работы сканирующих зондовых микроскопов. Основные элементы СЗМ. Сканеры. Система обратной связи. Зондовые датчики. Принцип формирования изображения в СЗМ. Защита от внешних воздействий. Классификация методов СЗМ. Сравнение разрешающей способности различных видов СЗМ.

Раздел 1.3. Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ)

Физические основы СТМ. Электронные структуры твердого тела и его поверхности. Туннельный эффект. Технические основы СТМ. Конструкции сканирующих туннельных микроскопов. Режимы работы СТМ. Метод постоянной тока. Метод постоянной высоты. Метод отображение работы выхода. Реализация атомарного разрешения в сканирующем туннельном микроскопе. Ограничения СТМ. Реализация атомарного разрешения в сканирующем туннельном микроскопе. Подготовка поверхности твердых тел для СТМ исследований.

Раздел 1.4. Атомно-силовая микроскопия (АСМ)

Силовое взаимодействие зондового датчика и образца. Потенциал Леннарда-Джонса. АСМ зонды: виды, способы изготовления, основные параметры. Конструкция АСМ. Способы регистрации отклонения кантилевера. Режимы работы АСМ. Контактная атомно-силовая микроскопия - метод постоянной высоты, метод постоянной силы, контактный метод рассогласования. Недостатки контактной АСМ. Полуконтактная атомно-силовая микроскопия. Преимущества и недостатки полуконтактной АСМ. Кривые зависимости силы от расстояния. Латеральное взаимодействие зонда и образца. Микроскопия латеральных сил. Разрешающая способность АСМ. Бесконтактная АСМ. Возможности бесконтактной АСМ. Использование органических молекул в качестве зондов для СЗМ. Нанотрубки – датчики СЗМ.

Раздел 1.4. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ)

Теоретические основы СБОМ. Эффективное преодоление оптического дифракционного предела. Зонды СБОМ: типы, изготовление. Конструкции ближнепольных оптических микроскопов. Контроль расстояния между зондом и поверхностью. Реализация системы обратной связи. Разрешающая способность СБОМ. Режимы работы и виды СБОМ. Конфигурация СБОМ с модулем ИК-Фурье.

Раздел 2 Возможности СЗМ.

Раздел 2.1. Другие виды СЗМ.

Микроскопия сил трения. Метод модуляции силы. Многопроходные методики работы СЗМ. Электросиловая микроскопия. Сканирующая емкостная микроскопия. Метод зонда Кельвина. Магнитная силовая микроскопия (МСМ). Принцип работы СЗМ в режиме МСМ. Квазистатические методики МСМ. Колебательные методики МСМ. Зондовые датчики для МСМ. Литография в СЗМ. СТМ, АСМ литография. Анодно-окислительная литография.

2.2. Возможности СЗМ

Преимущества и недостатки СЗМ. Стандарты СЗМ. Искажение изображения сканером. Искажения, связанные с зондовым датчиком. Искажения, связанные режимом работы СЗМ. Калибровка СЗМ. Принципы корректировки изображений СЗМ. Возможности атомно-силовой микроскопии в определении формы и размеров наночастиц металлов и их соединений. Методики восстановления реальной геометрии объектов исследования АСМ. Возможность проведения неразрушающих исследований с помощью АСМ.

Раздел 3 Применение СЗМ

Раздел 3.1. Применение СЗМ для исследования основных классов наноматериалов.

Атомарное разрешение, достигнутое с помощью СТМ. Применение МСМ. Применения ближнепольной оптики. Исследование водородных связей. Определение размеров и формы наночастиц. Исследования морфологии и локальных свойств полимерных материалов. Исследования магнитных наночастиц и структур методом МСМ. Вычисление адгезионных сил методом АСМ. Возможности и перспективы АСМ в исследовании синтетических химических волокон. Исследование надмолекулярной структуры полимеров и композитов. Использование СЗМ для исследования морфологии и процессов роста

Раздел 3.2. Исследование биологических объектов с помощью СЗМ.

Возможности измерения в жидкости. Приготовление образцов. Изучение ДНК. Исследования вирусов и бактерий. Исследование адгезионных взаимодействий. Использование СЗМ в различных средах. Возможности в исследовании белковых молекул с помощью СЗМ.

Раздел 3.3. Современные приборы и методы СЗМ.

Основные производители СЗМ. Формат данных в СЗМ. Варианты визуализации СЗМ изображений. Количественный анализ СЗМ изображений. Статистический анализ изображений, полученных с помощью СЗМ.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:				
1	– классификацию методов сканирующей зондовой микроскопии		+		
2	– устройство, принцип работы и физические основы сканирующих зондовых микроскопов		+		
3	– принципы реализации атомарного разрешения в сканирующих зондовых микроскопах		+	+	+
4	– возможности и области применения методов СЗМ для исследования наноматериалов и функциональных материалов		+	+	+
5	– общие представления о разрешающей способности различных видов		+	+	+
	Уметь:				
6	– анализировать изображения и данные, полученных различными методами СЗМ			+	+
7	– корректно определять морфологию нанообъектов и наноматериалов				+
8	– формулировать технические требования к объектам исследования			+	+
9	– использовать стандартные методики СЗМ для анализа наноматериалов;		+	+	+
	Владеть:				
10	– навыками обработки изображений, полученных различными методами СЗМ			+	+
11	– принципами проведения эксперимента на современных приборах сканирующей зондовой микроскопии			+	+
12	– методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам сканирующей зондовой микроскопии		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
13	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне	+	+	+

14		ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	+	+	+
15	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты	+	+	+
16	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	+	+	+

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	Современные методы визуализации наноматериалов	2
2	1	Введение в сканирующую зондовую микроскопию (СЗМ)	2
3	1	Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ).	4
4	1	Атомно-силовая микроскопия	6
5	1	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия	4
6	2	Преимущества и недостатки сканирующей зондовой микроскопии. Принципы анализа и описания данных, полученных с помощью СЗМ	4
7	2	Количественный анализ данных СЗМ	4
8	3	Применение СЗМ в изучении наноматериалов	4
9	3	Исследование биологических объектов методами СЗМ	2
10	3	Современные приборы и методы СЗМ	2

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины «Зондовая микроскопия» предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 93 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу дисциплины;
- 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, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины;
- 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

Общая оценка за данную дисциплину складывается из оценки работы в семестре (максимально 60 баллов) и оценки, полученной на экзамене (максимально 40 баллов).

Оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (до 40 баллов), подготовке научных докладов (до 20 баллов) по тематике дисциплины, максимальная оценка за работу в семестре – 60 баллов.

При оценке научных докладов оценивается качество докладов (глубина проработки темы, использование современных источников информации, в том числе зарубежных) и качество презентации доклада. Презентация докладов происходит на семинарских занятиях, причем остальные студенты задают вопросы докладчику и участвуют в обсуждении доклада.

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1.

Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа состоит из 10 тестовых и 1 открытого вопроса. Ответ на открытый вопрос оценивается, исходя из 10 баллов. Ответы на вопросы тестовой части оцениваются, исходя из максимальной оценки 1 балл за вопрос.

Примеры тестовых вопросов (студентам предлагается сделать выбор из 4х вариантов ответов, вариантов ответов может быть более одного):

1. Что такое система обратной связи в СЗМ?
2. Что такое обратный пьезоэффект?
3. Что такое прямой пьезоэффект?
4. Какова зависимость силы туннельного тока от туннельного барьера (расстояния между иглой и образцом)?
5. В каком режиме работы СТМ получают атомарное разрешение?
6. В какой среде невозможно проводить измерения методом СЗМ?
7. Какое основное физическое явление лежит в основе СТМ?
8. Какой из зондовых датчиков пригоден для сканирующей ближнепольной оптической микроскопии?
9. Какой из зондовых датчиков пригоден для СТМ?
10. Какова величина области ближнего поля в СБОМ?
11. Что главным образом определяет разрешение в СТМ?
12. Какое основное физическое явление лежит в основе СТМ?
13. На каком из СЗМ нельзя достичь разрешения в 10 нм?
14. Из чего изготавливают зонды для СБОМ?
15. Как зонд подводится на расстояние нескольких ангстрем к поверхности?

Примеры открытых вопросов:

1. Что определяет разрешение в АСМ, а что в СТМ? Основные ограничения.
2. Какие предельные разрешения достигнуты сегодня в мире при помощи АСМ, СТМ и СБОМ? Принцип подготовки образцов для получения атомарного разрешения.
3. Какие конструкции сканеров применяются в СЗМ? Каковы их преимущества и недостатки?
4. Перечислите силы, возникающие между зондом и образцом.
5. Опишите режимы работы АСМ в зависимости от силы взаимодействия «зонд- образец».
6. Каковы преимущества и недостатки различных режимов работы АСМ?
7. Технология производства АСМ-зондов.
8. Методика изготовления зондовых датчиков для СТМ.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2.

Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа состоит из 10 тестовых и 1 открытого вопроса. Ответ на открытый вопрос оценивается, исходя из 10 баллов. Ответы на вопросы тестовой части оцениваются, исходя из максимальной оценки 1 балл за вопрос.

Примеры тестовых вопросов (студентам предлагается сделать выбор из 4х вариантов ответов, вариантов ответов может быть более одного):

1. Что такое “tip imaging” или эффект игловой свертки?
2. Как часто следует перекалибровывать сканер микроскопа?
3. Какая из методик АСМ не дает представление об электрофизических характеристиках поверхности?
4. Что главным образом определяет разрешение в СТМ?
5. Какие кантилеверы должны быть выбраны для проведения магнитно-силовой микроскопии?
6. Основное отличие квазистатических и колебательных методик МСМ.
7. Наногравировку (СЗМ литография) проводят с помощью?
8. Наночеканка (СЗМ литография) проводят с помощью?
9. Что такое «Shear-force»?

Примеры открытых вопросов:

1. Принцип реализации анодно-окислительной литографии.
2. Преимущества и недостатки СЗМ-литографии.
3. Опишите основные принципы калибровки сканирующего зондового микроскопа.
4. Что определяет разрешение в МСМ? Какие предельные разрешения достигнуты сегодня в мире при помощи МСМ?
5. Технология производства МСМ-зондов.
6. Какие методы (методики) СЗМ дают представление об электрофизических характеристиках образцов.
7. Исследование биологических образцов методом СЗМ.
8. Принципы корректировки изображений СЗМ

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Экзамен)

Максимальная оценка – 40 баллов. Экзамен состоит из двух вопросов. Максимальная оценка за каждый из вопросов – 20 баллов.

1. Режимы работы АСМ. Контактная атомно-силовая микроскопия. Недостатки контактной АСМ.
2. Полуконтактная и безконтактная атомно-силовая микроскопия. Преимущества бесконтактной и полуконтактной АСМ.
3. Преимущества и недостатки СЗМ. Искажение изображения сканером. Искажения, связанные с зондовым датчиком. Принципы корректировки изображений СЗМ
4. Преимущества и недостатки СЗМ. Искажения, связанные режимом работы СЗМ. Калибровка СЗМ. Возможности определения геометрических размеров с помощью СЗМ.
5. Туннельный эффект. Технические основы СТМ. Режимы работы СТМ. Метод постоянного тока. Метод постоянной высоты.
6. Реализация атомарного разрешения в сканирующем туннельном микроскопе. Преимущества и ограничения СТМ.
7. Теоретические основы СБОМ. Эффективное преодоление оптического дифракционного предела. Зонды СБОМ. Разрешающая способность СБОМ. Конструкции ближнепольных оптических микроскопов.

8. Современное применение методов СЗМ. Атомарное разрешение, достигнутое с помощью СТМ, АСМ и СБОМ.
9. Многопроходные методики работы СЗМ. Магнитно-силовая микроскопия.
10. Литография в СЗМ. СТМ, АСМ литография. Преимущества и недостатки СЗМ литографии.

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

8.3. Структура и примеры билетов для экзамена

Экзамен по дисциплине «Зондовая микроскопия» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, относящихся к разделам дисциплины. Вопросы билета предусматривают развернутые ответы обучающегося по обозначенной тематике. Ответы на вопросы экзаменационного билета оцениваются из 40 баллов следующим образом: каждый вопрос – по 20 баллов.

Пример экзаменационного билета:

<i>«Утверждаю»</i> Руководитель магистерской программы _____ (Подпись) _____ (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы»
	Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
Зондовая микроскопия	
Экзаменационный билет № 1	
1. Режимы работы АСМ. Контактная атомно-силовая микроскопия. Недостатки контактной АСМ. 2. Современное применение методов СЗМ. Атомарное разрешение, достигнутое с помощью СТМ, АСМ и СБОМ.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Корнилов, В.М. Основы сканирующей зондовой микроскопии : учебное пособие / В.М. Корнилов, А.Ф. Галиев. — Уфа : БГПУ имени М. Акмуллы, 2011. — 24 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/49585> (дата обращения: 22.04.2022).
2. Неволин, В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике : монография / В.К. Неволин. — 2-е изд., испр. — Москва : Техносфера, 2014. — 176 с. — ISBN 978-5-94836-382-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73521> (дата обращения: 22.04.2022).
3. Юртов Е.В., Серцова А.А. Сканирующая зондовая микроскопия для исследования свойств наноматериалов. Учебно-методический комплекс, - М.:РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010.-148 с.

Б. Дополнительная литература

1. Методы сканирующей зондовой микроскопии при исследовании структуры и свойств органических материалов : учебно-методическое пособие / составители И.Р. Набиуллин [и др.]. — Уфа : БГПУ имени М. Акмуллы, 2016. — 41 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93053> (дата обращения: 22.04.2022).
2. Гаврилова, Н. Н. Микроскопические методы определения размеров частиц дисперсных материалов [Текст] : учебное пособие / Н. Н. Гаврилова, В. В. Назаров, О. В. Яровая. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 51 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Materials Characterization», ISSN 1044-5803;
2. Журнал «Micron», ISSN 0968-4328;
3. Журнал «Ultramicroscopy», ISSN 0304-3991;
4. Журнал «Journal of Physics D: Applied Physics», ISSN 0022-3727.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Интернет-сайт компании «НТ-МДТ»: <http://www.ntmdt.ru>
2. Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации и семинаров – 8, (общее количество слайдов – более 150; количество демонстрационных роликов – 15);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 30);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 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 на 01.01.2023 составляет 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 «Зондовая микроскопия» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Перечень оборудования, необходимого в образовательном процессе, включает: лекционные учебные аудитории (оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет), помещения для проведения практических занятий (оборудованные учебной мебелью), библиотеку (имеющую рабочие компьютерные места для аспирантов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет).

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам лекционного курса и практическим занятиям. Образцы наноматериалов, пригодные для исследования с помощью сканирующей зондовой микроскопии.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса;

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

	Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams			
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)	Знает: - классификацию методов сканирующей зондовой микроскопии; - устройство, принцип работы и физические основы сканирующих зондовых микроскопов; - общие представления о разрешающей способности различных видов сканирующих зондовых микроскопов; - принципы реализации атомарного разрешения в сканирующих зондовых микроскопах; - принцип и режимы работы различных видов сканирующих зондовых микроскопов. Умеет: - использовать стандартные методики СЗМ для анализа наноматериалов. Владеет: - методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам сканирующей зондовой микроскопии.	Контрольная работа № 1. Оценка на экзамене.
Раздел 2. Возможности СЗМ	Знает: - общие представления о разрешающей способности различных видов сканирующих зондовых микроскопов; - принципы реализации атомарного разрешения в сканирующих зондовых	Контрольная работа № 2. Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	микроскопах; - принцип и режимы работы различных видов сканирующих зондовых микроскопов. Умеет: - анализировать изображения и данные, полученных различными методами СЗМ; - формулировать технические требования к объектам исследования. - использовать стандартные методики СЗМ для анализа наноматериалов. Владеет: - навыками обработки изображений, полученных различными методами СЗМ - принципами проведения эксперимента на современных приборах сканирующей зондовой микроскопии. - методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам сканирующей зондовой микроскопии.	
Раздел 3. Применение СЗМ	Знает: - общие представления о разрешающей способности различных видов сканирующих зондовых микроскопов; - принципы реализации атомарного разрешения в сканирующих зондовых микроскопах; - принцип и режимы работы различных видов сканирующих зондовых микроскопов. Умеет: - анализировать изображения и данные, полученных различными методами СЗМ; - корректно определять морфологию нанообъектов и наноматериалов; - использовать стандартные методики СЗМ для анализа наноматериалов; - формулировать технические требования к объектам исследования. Владеет: - навыками обработки изображений, полученных различными методами СЗМ - принципами проведения эксперимента на современных приборах сканирующей зондовой микроскопии. - методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам сканирующей зондовой микроскопии.	Оценка за доклад Оценка на экзамене.

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

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

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

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

«Зондовая микроскопия»

основной образовательной программы

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Квантовая механика»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

**Магистерская программа – «Химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена заведующим кафедрой физики В. В. Горевым и старшими преподавателями кафедры Н.А. Богатовым, А.С. Савиной.

Программа рассмотрена и одобрена на расширенном заседании кафедры физики РХТУ им. Д.И. Менделеева «14» мая 2025 г., протокол № 8.

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - магистратура по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы (ФГОС ВО), накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой физики РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение курса в течение одного семестра.

Дисциплина «Квантовая механика» относится к вариативной части обязательных дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в рамках школьной программы по физике и математике.

Цель дисциплины – приобретение студентами знаний по основным разделам физики и умению применять их в других естественнонаучных дисциплинах.

Задачи дисциплины - решения которых обеспечивает достижение цели, - формирование представлений об основных физических законах природы и методах теоретических исследований различных физических явлений, а также получение представления о современных экспериментальных методах исследования.

Дисциплина «Квантовая механика» 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 **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				
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 диагностировать структуру материала на микро- и наноуровне.	ПК-1.1. Знает современные методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне.	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.

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 самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов.	ПК-3.1. Знает требования к экспериментальным образцам наноматериалов и наносистем и результатам научно-исследовательских работ по их разработке. ПК-3.2. Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок.	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.
Технологический тип задач профессиональной деятельности				
Научно-исследовательский				

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- физические основы механики, физики колебаний и волн, электричества и магнетизма, электродинамики, статистической физики и термодинамики, квантовой физики; смысл фундаментальных физических законов, принципов и постулатов; их формулировки и границы применимости; связь широкого круга физических явлений с фундаментальными принципами и законами физики; основные методы решения задач по описанию физических явлений; методы обработки результатов физического эксперимента.

Уметь:

- применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования при решении профессиональных задач; проводить расчёты, осуществлять анализ и на основе этого делать обоснованные выводы; анализировать результаты наблюдений и экспериментов с применением основных законов и принципов физики; определять характер физических процессов по комплексу экспериментальной информации при помощи графиков, таблиц и уравнений; представлять обработанную экспериментальную и теоретическую информацию в устной и письменной форме, в том числе с использованием современных компьютерных технологий

Владеть:

- навыками работы с широким кругом физических приборов и оборудования; навыками обоснования своих суждений и выбора метода исследования.

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:	2,2	80	60
в том числе в форме практической подготовки (<i>при наличии</i>)	-	-	-
Лекции	0,9	32	24
в том числе в форме практической подготовки (<i>при наличии</i>)	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,4	16	12
в том числе в форме практической подготовки (<i>при наличии</i>)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	24
в том числе в форме практической подготовки (<i>при наличии</i>)	-	-	-
Самостоятельная работа	1,8	64	48
Контактная самостоятельная работа (<i>АттК из УП для зач / зач с оц.</i>)	1,8	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины (<i>или другие виды самостоятельной работы</i>)		64	48
Вид контроля:			
Экзамен (<i>если предусмотрен УП</i>)			
Контактная работа – промежуточная аттестация			
Подготовка к экзамену.			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (<i>при наличии</i>)	Лек- ции	в т.ч. в форме пр. подг. (<i>при наличии</i>)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (<i>при наличии</i>)	Лаб. рабо- ты	в т.ч. в форме пр. подг. (<i>при наличии</i>)	Сам. рабо- та
1	Раздел 1. Элементы квантовой статистики.	58	-	16	-	6	-	16	-	20
1.1	Элементы квантовой статистики. Квантовая система из одинаковых частиц. Принцип тождественности одинаковых частиц. Симметричные и несимметричные волновые функции, описывающие состояния тождественных микрочастиц.	30	-	8	-	4	-	8	-	10
1.2	Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Квантовые статистические распределения Бозе- Эйнштейна и Ферми- Дирака. Вырожденный электронный газ в кристаллах (металлы).	28	-	8	-	2	-	8	-	10

2	Раздел 2. Металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории.	38	-	8	-	2	-	8	-	20
2.1	Энергетические зоны: статистика Ферми-Дирака, энергия Ферми. Электрон в периодическом поле кристалла: эффективная масса электрона.	38	-	8	-	2	--	8	-	20
3	Раздел 3. Элементы физики твёрдого тела.	48	-	8	-	8	-	8	-	24
3.1	Физика твёрдого тела (ФТТ): определение, связь с другими дисциплинами, объекты изучения, круг решаемых задач. Связь с кристаллографией, кристаллофизикой и кристаллохимией.	20	-	4	-	4	-	4	-	8
3.2	Конденсированное состояние. Подход к описанию твёрдых тел. Структура кристаллов. Симметрия и физические свойства кристаллов.	14	-	2	-	2	-	2	-	8

3.3	Типы кристаллических структур (общая характеристика). Плотные упаковки: кубическая и гексагональная (на качественном уровне). Понятие о сверхпроводимости (квантовые представления на качественном уровне).	14	-	2	-	2	-	2	-	8
	ИТОГО	144								
	Экзамен	-								
	ИТОГО	144								

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Элементы квантовой статистики.

1.1. Элементы квантовой статистики. Квантовая система из одинаковых частиц. Принцип тождественности одинаковых частиц. Симметричные и несимметричные волновые функции, описывающие состояния тождественных микрочастиц.

1.2. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Квантовые статистические распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Вырожденный электронный газ в кристаллах (металлы).

Раздел 2. Металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории

2.1. Энергетические зоны: статистика Ферми-Дирака, энергия Ферми. Электрон в периодическом поле кристалла: эффективная масса электрона.

Раздел 3. Элементы физики твёрдого тела.

3.1. Физика твёрдого тела (ФТТ): определение, связь с другими дисциплинами, объекты изучения, круг решаемых задач. Связь с кристаллографией, кристаллофизикой и кристаллохимией.

3.2. Конденсированное состояние. Подход к описанию твёрдых тел. Структура кристаллов. Симметрия и физические свойства кристаллов.

3.3. Типы кристаллических структур (общая характеристика). Плотные упаковки: кубическая и гексагональная (на качественном уровне). Понятие о сверхпроводимости (квантовые представления на качественном уровне).

5 СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел		
			1	2	3
	Знать:				
1	- физические основы механики, физики колебаний и волн, электричества и магнетизма, электродинамики, статистической физики и термодинамики, квантовой физики;		+	+	+
2	- смысл фундаментальных физических законов, принципов и постулатов; их формулировки и границы применимости;		+	+	+
3	- связь широкого круга физических явлений с фундаментальными принципами и законами физики; основные методы решения задач по описанию физических явлений;		+	+	+
4	- методы обработки результатов физического эксперимента.		+	+	+
	Уметь:				
5	- применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования при решении профессиональных задач;		+	+	+
6	- проводить расчёты, осуществлять анализ и на основе этого делать обоснованные выводы;		+	+	+
7	- анализировать результаты наблюдений и экспериментов с применением основных законов и принципов физики;		+	+	+
8	- определять характер физических процессов по комплексу экспериментальной информации при помощи графиков, таблиц и уравнений;		+	+	+
9	- представлять обработанную экспериментальную и теоретическую информацию в устной и письменной форме, в том числе с использованием современных компьютерных технологий.		+	+	+
	Владеть:				
10	- навыками работы с широким кругом физических приборов и оборудования;		+	+	+
11	- навыками обоснования своих суждений и выбора метода исследования.		+	+	+
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
12	ПК-1. Способен диагностировать структуру материала на микро- и наноуровне.	ПК-1.1. Знает современные методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне.	+	+	+
13	ПК-3. Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов.	ПК-3.1. Знает требования к экспериментальным образцам наноматериалов и наносистем и результатам научно-исследовательских работ по их разработке.	+	+	+
14		ПК-3.2. Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок.	+	+	+

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	Квантовый гармонический и ангармонический осциллятор.	2
2	1	Строение атома. Атом водорода: расчёт распределение плотности вероятности электрона в атоме.	2
3	1	Распределение Ферми-Дирака. Вырожденный электронный газ в кристаллах. Энергия Ферми. Температура Ферми.	2
4	2	Квантовая теория теплоёмкостей твёрдых тел по Эйнштейну и Дебаю. Характеристические температуры. Предельный закон Дебая. Фононы.	2
5	3	Геометрическая кристаллография. Основы кристаллохимии. Вычисление коэффициента заполнения для а) простой куб ячейки; б) для ОЦК ячейки.	2
6	3	Вычисление коэффициента заполнения ГЦК ячейки структуры алмаза. Расчёт размеров пустот в плотноупакованных структурах. Расчёт энергии ионного кристалла (пример структура NaCl).	2
7	3	Расчет радиуса шара для случая плотноупакованной структуры, который можно поместить в тетраэдрическую пустоту.	2
8	3	Исследование, каким образом рассчитывается энергия решётки кристалла NaCl для NA пар ионов.	2

6.2 Лабораторные занятия.

Лабораторный практикум по дисциплине «Квантовая механика» не предусмотрен.

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 курса;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче экзамена (1 семестр) 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 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 60 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1 Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферативно-аналитическая работа по дисциплине не предусмотрена.

8.2 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы. Максимальная оценка за контрольную работу 1 и 2 (1 семестр) составляет по 30 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 3 задачи, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 1.1-1.3

1. Вольфрамовая нить накаливается в вакууме током силой $i_1 = 1$ А до температуры $T_1 = 1000$ К. При какой силе тока нить накаливается до температуры $T_2 = 5000$ К? Коэффициенты излучения вольфрама и его удельные сопротивления, соответствующие температурам T_1 , T_2 , равны соответственно: $\alpha T_1 = 0,115$; $\alpha T_2 = 0,334$; $\rho_1 = 25,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, $\rho_2 = 96,2 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.
2. Медный шарик диаметром $d = 1,2$ см поместили в откачанный сосуд, температура стенок которого поддерживается близкой к абсолютному нулю. Начальная температура шарика $T_0 = 300$ К. Считая поверхность шарика абсолютно черной, найти, через сколько времени его температура уменьшится в $n = 2,0$ раза.
3. Поток электронов падает на экран с двумя щелями. Пусть A_1 – амплитуда волны де Бройля, достигшей точки Р, если открыта только щель 1, а A_2 – амплитуда волны в точке Р, если открыта только щель 2. Отношение $A_2/A_1 = 3$. Если открыта только щель 1, счетчик, расположенный в точке Р, регистрирует 100 электронов в секунду. Сколько электронов в секунду будет регистрировать счетчик, если: а) открыта только щель 2? б) Открыты обе щели и в точке Р наблюдается интерференционный максимум? в) в точке Р – интерференционный минимум?
4. Исходя из соотношения неопределенностей, оценить наименьшую энергию гармонического осциллятора.
5. Частица массой m находится в сферически симметричной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками: $U(r) = 0$ при $r < r_0$ и $U(r) = \infty$ при $r \geq r_0$. Для случая, когда волновая функция зависит только от r , найти а) собственные значения энергии частицы; б) нормированные собственные функции.
6. Электрон в атоме находится в p - состоянии, причем его полный момент импульса максимален. Найти наименьший угол, который полный момент импульса может составлять с осью Z.
7. С какой минимальной кинетической энергией должен двигаться атом водорода, чтобы при неупругом лобовом соударении с другим, покоящимся атомом водорода, один из них оказался способным испустить фотон? Предполагается, что до соударения оба атома находились в основном состоянии.
8. Определить энергию электрона в атоме водорода в состоянии, с волновой функцией $\Psi(r) = A(1 + ar) \cdot e^{-\alpha r}$, где A , a и α – некоторые постоянные. Какому главному квантовому числу n соответствует это состояние?
9. Атом водорода в основном состоянии находится на расстоянии $r = 2,5 \text{ см}$ от длинного

прямого проводника с током $i = 10$ А. Найти силу, действующую на атом.

10. Газ, состоящий из молекул NO, находится при температуре $T = 1000$ К. Определить квантовое число вращательного уровня, которому соответствует максимальная населенность. Расстояние между ядрами в молекуле NO равно $d = 1,15 \cdot 10^{-10}$ м.

11. Вычислить удельные теплоемкости с кристаллов алюминия и меди по классической теории теплоемкости.

12. Определить относительную погрешность, которая будет допущена, если при вычислении теплоемкости C вместо значения, даваемого теорией Эйнштейна, воспользоваться значением, даваемым законом Дюлонга и Пти.

13. Определить энергию U и теплоемкость C системы, состоящей из $N=10^{25}$ классических трехмерных независимых гармонических осцилляторов. Температура $T=300$ К.

14. Определить максимальную частоту собственных колебаний в кристалле золота по теории Дебая. Характеристическая температура равна 180 К.

15. Определить угол ϕ между орбитальными моментами импульсов двух электронов, один из которых находится в d-состоянии, другой — в f-состоянии, при следующих условиях: 1) полное орбитальное квантовое число $L=3$; 2) искомый угол — максимальный; 3) искомый угол — минимальный.

Раздел 2-3. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 30 баллов.

Вопрос 2.1-2.2

1. Найти плотность кристалла неона (при 20 К), если известно, что решетка гранецентрированная кубической сингонии. Постоянная решетки при той же температуре равна 0,452 нм.

2. Вычислить удельные теплоемкости с кристаллов алюминия и меди по классической теории теплоемкости.

3. Определить относительную атомную массу кристалла, если известно, что расстояние между ближайшими соседними атомами равно 0,304 нм. Решетка объемно-центрированная кубической сингонии. Плотность кристалла равна 534 кг/м³.

4. Вычислить постоянную решетки кристалла бериллия, который представляет собой гексагональную структуру с плотной упаковкой. Параметр решетки равен 0,359 нм. Плотность кристалла бериллия равна $1,82 \cdot 10^3$ кг/м³.

5. Система плоскостей в примитивной кубической решетке задана индексами Миллера (221). Найти наименьшие отрезки, отсекаемые плоскостью на осях координат, и изобразить эту плоскость графически.

6. Вычислить угол ϕ между нормальными к плоскостям (в кубической решетке), заданных индексами Миллера (111) и (111).

7. Электрон движется со скоростью $v=200$ Мм/с. Определить длину волны де Бройля, учитывая изменение массы электрона в зависимости от скорости.

8. Какую ускоряющую разность потенциалов U должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля λ была равна 0,1 нм?

9. Определить длину волны де Бройля λ электрона, если его кинетическая энергия $T=1$ кэВ.

10. Определить длину волны де Бройля λ электронов, бомбардирующих антикатод рентгеновской трубки, если граница сплошного рентгеновского спектра приходится на длину волны $\lambda=3$ нм.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – экзамен).

Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов. Экзаменационный билет содержит 2 вопроса и 2 задачи. Каждый вопрос и задача оцениваются по 10 баллов.

8.3.1 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (1 семестр – экзамен).

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины и содержит 4 вопроса.
1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 10 баллов, вопрос 4 – 10 баллов.

1. Элементы квантовой статистики. Квантовая система из одинаковых частиц. Принцип тождественности одинаковых частиц.
2. Симметричные и несимметричные волновые функции, описывающие состояния тождественных микрочастиц. Бозоны и фермионы.
3. Принцип Паули. Квантовые статистические распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Вырожденный электронный газ в кристаллах (металлы).
4. Металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории. Энергетические зоны: статистика Ферми-Дирака, энергия Ферми. Электрон в периодическом поле кристалла: эффективная масса электрона.
5. Элементы физики твёрдого тела. Физика твёрдого тела (ФТТ): определение, связь с другими дисциплинами, объекты изучения, круг решаемых задач. Связь с кристаллографией, кристаллофизикой и кристаллохимией.
6. Конденсированное состояние. Подход к описанию твёрдых тел. Структура кристаллов. Симметрия и физические свойства кристаллов.
7. Типы кристаллических структур (общая характеристика). Плотные упаковки: кубическая и гексагональная (на качественном уровне).
8. Понятие о сверхпроводимости (квантовые представления на качественном уровне).

8.4 Структура и примеры билетов для экзамена (1 семестр)

Экзамен по дисциплине «Квантовая механика» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1 – 3 учебной программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 2 вопросов и 2 задач, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для экзамена:

<i>«Утверждаю»</i> <u>зав.каф. физики</u> (Должность, наименование кафедры) <u>В.В. Горев</u> (Подпись) (И. О. Фамилия) « » 20 г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
	Кафедра физики
	28.04.03 Наноматериалы
	Квантовая механика
Билет № 1 1. Элементы квантовой статистики. Квантовая система из одинаковых частиц. Принцип тождественности одинаковых частиц. 2. Конденсированное состояние. Подход к описанию твёрдых тел. Структура кристаллов. Симметрия и физические свойства кристаллов. 3. Задача 1*. 4. Задача 2*.	

*выдается преподавателем, проводившим семинарские занятия в семестре, на отдельном бланке.

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

1. Курс общей физики: в 4 т. - Т. 3. Оптика, атомная физика, физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие / И.В. Савельев; под общ. ред. В.И. Савельева. - 2-е изд., стер. - М.: КНОРУС, 2012. - 537 с
2. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. - М.: Высш. шк. - 1988. - 527 с
3. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов. - Изд. 17-е, стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 560 с.

Б. Дополнительная литература:

1. Иродов И. Е. Квантовая физика. Основные законы [Электронный ресурс]: учебное пособие - 7-е изд. (эл.). – М.: Лаборатория знаний, 2017 – 261 с.

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

Бесплатные архивные коллекции, приобретенные Минобрнауки для вузов.

[Архив Издательства American Association for the Advancement of Science. Пакет «Science Classic» 1880-1996](#)

[Архив Издательства Annual Reviews. Пакет «Full Collection» 1932-2005](#)

[Архив издательства Института физики \(Великобритания\). Пакет «Historical Archive 1874-1999» с первого выпуска каждого журнала по 1999, 1874-1999](#)

[Архив издательства Nature Publishing Group. Пакет «Nature» с первого выпуска первого номера по 2010, 1869-2010](#)

[Архив издательства Oxford University Press. Пакет «Archive Complete» с первого выпуска каждого журнала по 1995, 1849-1995](#)

[Архив издательства Sage. Пакет «2010 SAGE Deep Backfile Package» с первого выпуска каждого журнала по 1998, 1890-1998](#)

[Архив издательства Taylor & Francis. Full Online Journal Archives. с первого выпуска каждого журнала по 1996, 1798-1997](#)

[Архив издательства Cambridge University Press. Пакет «Cambridge Journals Digital Archive \(CJDA\)» с первого выпуска каждого журнала по 2011, 1827-2011](#)

[Архив журналов Королевского химического общества\(RSC\). 1841-2007](#)

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>

Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.

2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>

В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.

3. BioMed Central <https://www.biomedcentral.com/> База данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе.

3. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>

Крупнейшим бесплатным архивом электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. критериев.

4. Коллекция журналов MDPI AG <http://www.mdpi.com/>

Многодисциплинарный цифровой издательский ресурс выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе.

5. Издательство с открытым доступом InTech <http://www.intechopen.com/>

Первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни.

6. База данных химических соединений ChemSpider <http://www.chemspider.com/>

ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry).

7. Коллекция журналов PLOS ONE <http://journals.plos.org/plosone/>

PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. рецензирование.

8. US Patent and Trademark Office (USPTO) <http://www.uspto.gov/>

Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. По настоящее время.

9. Espacenet - European Patent Office (EPO) <http://worldwide.espacenet.com/>

Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.

10. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС) http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru

Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:

- Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
- Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
- Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
- Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня

11. The Association for Computing Machinery (ACM) – международное некоммерческое профессиональное сообщество, основанное в 1947 году, объединяющее преподавателей, исследователей и специалистов в области вычислительной техники, информационных и компьютерных технологий. Ссылка на ресурс: <https://dl.acm.org> Ссылка на раздел Open access: <https://www.acm.org/publications/openaccess>

12. Annual Reviews – некоммерческая академическая издательская компания, выпускающая журналы с 1932 года.

В портфолио издательства 51 журнал, тематика которых охватывает области естественных и социальных наук, наук о жизни, биомедицину, экономику и др.

Ссылка на ресурс: <https://www.annualreviews.org/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.annualreviews.org/S2O>

13. Cambridge University Press – старейшее в мире университетское издательство, публикующее исследовательские работы, справочные и учебные материалы по широкому кругу дисциплин. Контент издательства представлен на онлайн-платформе Cambridge Core, на которой доступно 117 журналов и 372 книги открытого доступа, 317 журналов гибридного доступа.

Ссылка на ресурс: <https://www.cambridge.org/universitypress>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.cambridge.org/core/publications/open-access>

14. The Royal Society of Chemistry включает 12 журналов «золотого» открытого доступа, кроме того, все журналы общества являются гибридными и в них могут публиковаться материалы открытого доступа.

Журналы общества охватывают основные химические науки, включая смежные области, такие как биология, биофизика, энергетика и окружающая среда, машиностроение, материаловедение, медицина и физика.

Ссылка на ресурс: <https://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=current>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.rsc.org/journals-books-databases/open-access/>

15. Taylor & Francis на сегодняшний день издательство выпускает около 180 журналов с полностью открытым доступом.

Ссылка на ресурс: <https://www.tandfonline.com/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.tandfonline.com/openaccess/openjournals>

16. Издательство John Wiley & Sons, Inc. включает около 230 журналов «золотого» открытого доступа и более 1300 гибридных журналов.

Ссылка на ресурс:

<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=&ConceptID=15941&startPage=>

Ссылка на раздел Open access: <https://authorservices.wiley.com/open-research/open-access/browse-journals.htm>

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 23, (общее число слайдов – 274);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 578);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 145).

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 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 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 «Физика» проводятся в форме лекций, семинаров, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

- Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.
- Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным и технологическим оборудованием для проведения лабораторных работ.
- Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.
- Технологическое оборудование для обработки, подготовки и проведения лабораторных работ:
 - 10 компьютеров 2014 года;
 - 10 компьютеров 2002/2004 года;
 - 10 лаб. установок для проведения студ. практикума, 2014 года;
 - Фотометр фотоэлектрический Юнико 1201, 2018 года;
 - Моноблок Lenovo тип 3, 3 шт., 2019 года;
 - Весы порционные AND-НТ-500, 2 шт., 2019 года;
 - Секундомер механический, 17 шт., 2019 года;
 - Аквадистиллятор АЭ-25, 2019 года;
 - Рефрактометр «Компакт», 2 шт., 2019
 - Шкаф сушильный ШС-20-02, 2019
 - Весы лабораторные ВЛТЭ-510с, 2 шт., 2019
 - рН-метр-милливольтметр рН-420, 2 шт., 2019

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; задачки в бумажных экземплярах.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса;

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

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	бессрочно
2.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочно
3.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
4.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА-223/2024 от 25.11.2024	-	24 месяца (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. Элементы квантовой статистики	<i>Знает:</i> - физические основы квантовой статистики (исходные «базовые» положения, основные квантовые статистические распределения); <i>Умеет:</i> - применять исходные физические (теоретические) знания при решении профессиональных задач; - проводить оценочные расчёты и осуществлять (на качественном уровне) анализ, наблюдаемых явлений. <i>Владеет:</i>	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр)

	- навыками обоснования своих суждений, что способствует правильному выбору методики проводимого студентом исследования.	
Раздел 2. Металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории	<i>Знает:</i> - элементы зонной теории при трактовке различных свойств металлов, диэлектриков и полупроводников; <i>Умеет:</i> - применять исходные физические (теоретические) знания при решении профессиональных задач; - проводить оценочные расчёты и осуществлять (на качественном уровне) анализ, наблюдаемых явлений. <i>Владеет:</i> - навыками обоснования своих суждений, что способствует правильному выбору методики проводимого студентом исследования.	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр)
Раздел 3. Элементы физики твёрдого тела	<i>Знает:</i> - базовые физические понятия о квантовых теориях теплоёмкости (на примере кристаллических тел); - элементы физики твёрдого тела (исходные понятия о кристаллографии, типах кристаллических структур; сведения о явлении и квантовой трактовке сверхпроводимости) <i>Умеет:</i> - применять исходные физические (теоретические) знания при решении профессиональных задач; - проводить оценочные расчёты и осуществлять (на качественном уровне) анализ, наблюдаемых явлений. <i>Владеет:</i> - навыками обоснования своих суждений, что способствует правильному выбору методики проводимого студентом исследования.	Оценка за контрольную работу № 2 (1 семестр) Оценка за экзамен (1 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).

**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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Компьютерные и информационные технологии в разработке
наноматериалов»**

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

старшим преподавателем кафедры наноматериалов и нанотехнологии Шарапаевым А.И.

д.х.н. проф. Королевой М.Ю.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Компьютерные и информационные технологии в разработке наноматериалов»* относится к блоку обязательных дисциплин учебного плана, части, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области статистического анализа результатов экспериментальных исследований.

Цель дисциплины – формирование компетенций в области теории и практики использования компьютерных и информационных технологий для разработки и исследования новых наноматериалов, приобретение знаний и умений в области анализа и представления литературной и экспериментальной научно-технической информации.

Задачи дисциплины: формирование у обучающихся навыков работы с современными компьютерными и информационными средствами для улучшения и облегчения процесса разработки новых материалов и процессов, представлений о важности статистического анализа получаемых экспериментальных результатов и способов повышения их точности и воспроизводимости.

Дисциплина *«Компьютерные и информационные технологии в разработке наноматериалов»* преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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. Осуществляет выбор информационных ресурсов для поиска информации в соответствии с поставленной учебной задачей; УК-1.2. Систематизирует информацию, полученную из разных источников, в соответствии с требованиями выполнения учебного задания

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
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок; – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные) агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях;	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)

оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	– аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. D Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок; – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области	ПК-4 Способен к анализу и обобщению результатов научно-исследовательских работ, поиску и анализу научной и технической информации в области нанотехнологии и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке	ПК-4.1 Знает методы сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации в области нанотехнологии и смежных дисциплин ПК-4.2 Умеет разрабатывать программы выполнения научных исследований, обрабатывать и анализировать их результаты ПК-4.3 Владеет навыками подготовки	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н

документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	производства и исследования наноматериалов.	публикаций в отечественных и зарубежных изданиях	результатов научно-исследовательских работ для публикации в периодической печати	С Организация аналитического контроля этапов разработки наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. Д Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- современное состояние и перспективные применения компьютерных и информационных технологий в наноиндустрии;
- основные системы организации и хранения научно-технической информации;
- способы планирования эксперимента;
- статистические инструменты планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных;
- способы и инструменты обработки и представления экспериментальных данных;
- подходы к моделированию наносистем.

Уметь:

- осуществлять поиск и анализ научной-технической информации в доступных источниках;
- производить отбор экспериментальных факторов и построение планов эксперимента в области создания и исследования наноматериалов;
- проводить анализ результатов экспериментальных исследований;
- представлять результаты экспериментальных исследований;
- выявлять значимость факторов эксперимента;
- производить критический анализ опубликованных данных;
- проводить моделирование процессов движения и агрегации;
- применять полученные знания для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии.

Владеть:

- - навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты разработки и применения наноматериалов;
- навыками использования компьютерных программ для планирования и анализа эксперимента;
- методологическими подходами и навыками представления экспериментальных данных, в том числе, результатов многофакторных экспериментов;
- навыками освоения и применения новых компьютерных и информационных инструментов при разработке и исследовании наноматериалов.

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
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	6
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	1,19	43	32
Лабораторные работы (ЛР)	0,22	8	6
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	6
Самостоятельная работа	2,12	76	57
Контактная самостоятельная работа	2,12	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,6	56,7
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1	Основы теории планирования эксперимента	46	-	6	-	15	-	-	-	25
1.1	Наноиндустрия и компьютерные технологии	6	-	1	-	-	-	-	-	5
1.2	Рандомизация и планирование эксперимента	20	-	3	-	7	-	-	-	10
1.3	Планирование многофакторных экспериментов	20	-	2	-	8	-	-	-	10
2	Обработка информации в области наук о наноматериалах	47	-	6	-	16	-	-	-	25
2.1	Обработка экспериментальных данных	20	-	2	-	6	-	-	-	12
2.2	Возможности программных продуктов и их применение в технологии наноматериалов	17	-	2	-	6	-	-	-	9
2.3	Поиск и анализ научно-технической информации	10	-	2	-	4	-	-	-	4
3	Моделирование и визуализация наносистем	51	8	5	-	12	-	8	8	26
	ИТОГО	144	8	17	-	43	-	8	8	76

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1 - Основы теории планирования эксперимента

Наноиндустрия и компьютерные технологии. Актуальные возможности и перспективы использования компьютерных и информационных технологий в наноиндустрии. Исторический обзор применения компьютерных и информационных технологий в области химической технологии, материаловедения и разработки наноматериалов.

Рандомизация и планирование эксперимента. Основные идеи, построение сложных планов, ковариационный анализ. Анализ контрастов и множественные сравнения. Многомерный дисперсионный и ковариационный анализ, предположения и следствия их нарушения.

Планирование многофакторных экспериментов. Дробно-факторные планы с различным числом уровней, смешанные планы, центральные композиционные планы. Построение экспериментальных планов и анализ результатов эксперимента, методы робастного планирования Тагучи, планы для смесей и других поверхностей с ограничениями, построение D- и A-оптимальных планов. Анализ повторяемости и воспроизводимости. Оценка эффективности экспериментальных планов, способы повышения эффективности плана, эволюционное планирование. Программные средства для статистического анализа и планирования эксперимента.

Раздел 2 - Обработка информации в области наук о наноматериалах

Обработка экспериментальных данных. Основные задачи обработки информации в практике научных исследований в области наноматериалов. Обработка экспериментальных данных на примере типичных исследований в области разработки наноматериалов. Практическое применение фильтрации и технического анализа для обработки экспериментальных данных. Использование программных продуктов для планирования эксперимента, анализа и представления экспериментальных данных.

Возможности программных продуктов и их применение в технологии наноматериалов. Системы компьютерной алгебры, табличные редакторы, языки программирования на примере. Научная экосистема языка Python: пакеты Numpy, Scipy, Matplotlib. Статистическая обработка с использованием R и Python. Обработка и анализ изображений – применение пакетов Numpy и Scipy, модуль Scikit-image. Использование библиотеки Matplotlib для визуализации данных и построения высококачественных диаграмм.

Машинное обучение, нейронные сети и обучение с подкреплением. Основные задачи машинного обучения: регрессия, классификация и кластеризация. Критерии качества моделей машинного обучения. Логистическая регрессия. Деревья решений. Использование ансамблей для повышения предиктивной способности моделей; случайный лес, градиентный бустинг, нейронные сети. Типы нейронных сетей и особенности их использования. Обучение с подкреплением: задачи, основные алгоритмы.

Поиск и анализ научно-технической информации. Источники научно-технической информации. Системы организации и хранения научно-технической информации. Методы поиска. Критерии эффективности (полнота, точность) поиска и способы их повышения. Анализ и представление выявленной научно-технической информации.

Раздел 3 - Моделирование и визуализация наносистем

Моделирование процессов движения и агрегации наночастиц. Методы молекулярной динамики. Броуновская динамика и динамика Ланжевена, методы Монте-Карло. Комбинированные и усовершенствованные методы моделирования динамики частиц. Моделирование взаимодействий частиц: расчёт столкновений между частицами, моделирование движения агрегатов с учётом связей между частицами, парное и множественное взаимодействие частиц. Программные продукты для визуализации и представления результатов моделирования наносистем.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	– современное состояние и перспективные применения компьютерных и информационных технологий в наноиндустрии;	+	+	+
2	– основные системы организации и хранения научно-технической информации;		+	
3	– способы планирования эксперимента;	+	+	
4	– статистические инструменты планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных;	+	+	+
5	– способы и инструменты обработки и представления экспериментальных данных;		+	+
6	– подходы к моделированию наносистем.			+
	Уметь:			
7	– осуществлять поиск и анализ научной-технической информации в доступных источниках;	+	+	+
8	– производить отбор экспериментальных факторов и построение планов эксперимента в области создания и исследования наноматериалов;	+	+	
9	– проводить анализ результатов экспериментальных исследований;		+	+
10	– представлять результаты экспериментальных исследований;		+	
11	– выявлять значимость факторов эксперимента;	+	+	
12	– производить критический анализ опубликованных данных;	+	+	+
13	– проводить моделирование процессов движения и агрегации;		+	+
14	– применять полученные знания для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии.	+	+	+
	Владеть:			

15	– навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты разработки и применения наноматериалов;		+	+	+
16	– навыками использования компьютерных программ для планирования и анализа эксперимента;		+	+	
17	– методологическими подходами и навыками представления экспериментальных данных, в том числе, результатов многофакторных экспериментов;			+	+
18	– навыками освоения и применения новых компьютерных и информационных инструментов при разработке и исследовании наноматериалов.		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие универсальные компетенции и индикаторы их достижения:					
19	– УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Осуществляет выбор информационных ресурсов для поиска информации в соответствии с поставленной учебной задачей		+	+
20		УК-1.2. Систематизирует информацию, полученную из разных источников, в соответствии с требованиями выполнения учебного задания		+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
21	– ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок		+	+
22		ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов		+	+
23	– ПК-4 Способен к анализу и обобщению результатов научно-исследовательских работ, поиску и анализу научной и технической информации в области нанотехнологии и смежных дисциплин	ПК-4.1 Знает методы сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации в области нанотехнологии и смежных дисциплин		+	+
24		ПК-4.2 Умеет разрабатывать программы выполнения научных исследований, обрабатывать и анализировать их результаты		+	+

25	и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке публикаций в отечественных и зарубежных изданиях	ПК-4.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для публикации в периодической печати	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Рандомизация и планирование эксперимента	7
		Планирование многофакторных экспериментов	8
2	Раздел 2	Обработка экспериментальных данных	6
		Возможности программных продуктов и их применение в технологии наноматериалов	6
		Поиск и анализ научно-технической информации	4
3	Раздел 3	Моделирование процессов движения и агрегации наночастиц;	4
		Моделирование взаимодействий частиц;	4
		Разработка технического задания для моделирования наносистем.	4

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе. Максимальная оценка за выполнение каждой лабораторной работы – 4 балла.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№	Раздел	Темы лабораторных занятий	Часы
1	Раздел 3	Броуновская динамика	4
		Моделирование системы методом Монте-Карло	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу дисциплины;
- 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, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины;
- 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 52 балла), лабораторного практикума (максимальная оценка 8 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой.

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы № 1 и №2 составляет 20 баллов. Максимальная оценка за контрольную работу № 3 составляет 12 баллов.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 7 баллов за вопросы 1 и 2 и 6 баллов за вопрос 3.

1. Мак Элхо и Коннер (1986) использовали инструмент под названием «Визиплюм» для измерения ультрафиолетового излучения. Путём сравнения поглощения ультрафиолетового излучения чистым и загрязнённым воздухом может быть оценена концентрация SO_2 . Мы желаем сравнить результаты, получаемые данным методом, с результатами, получаемыми стандартным методом. Измеренным откликом является отношение значения, полученного с использованием прибора «Визиплюм», и значения, полученного стандартным методом агентства по охране окружающей среды США. Имеется шесть наблюдений, полученных на теплоэлектростанции №2: 0,950, 0,978, 0,762, 0,733, 0,823 и 1,011. Используя методы рандомизации проверьте нулевую гипотезу, что методы определения концентрации SO_2 эквивалентны. Определите р-значение.
2. Предполагается что нейропептид Y (NPY) участвует в регуляции питания и базальном метаболизме. При введении NPY в мозг крыс, у крыс резко увеличивается потребление пищи в следующие 24 ч. Налоксон (NLX) может потенциально блокировать действие NPY. Если это так, это может быть важным направлением исследований в области ожирения. Мы желаем проверить эффект четырех воздействия, действия фактор-уровневых комбинаций введения в мозг NPY или физиологического раствора (контроль) и подкожного введения NLX или физиологического раствора (контроль) на потребление пищи после воздействия в течение 24 часов. Доступно 32 практически одинаковых крыс мужского пола. Кратко опишите план экспериментов, подходящий для описанной ситуации.
3. Опишите основные преимущества и недостатки фактор-уровневых планов экспериментов.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 3 вопроса, вопрос 1 оценивается, исходя из 6 баллов, вопросы 2 и 3 – из 7 каждый.

1. В каких случаях при разработке и исследовании наноматериалов для анализа данных предпочтительно использование электронных таблиц?
2. Опишите структуру языка R. Какие типы данных используются в языке R? Как соотносятся типы данных в R и данные, получаемые в ходе разработки и исследования наноматериалов?

3. Возможности и трудности использования библиотеки Matplotlib для визуализации результатов исследования наноматериалов. Типы диаграмм, реализуемых при помощи библиотеки Matplotlib.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 12 баллов. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 4 балла за каждый из вопросов.

1. Классический метод молекулярной динамики. Опишите основные принципы построения уравнений движения.
2. Опишите основные положения метода Монте-Карло. Что такое канонический ансамбль?
3. В чем заключается и какие цели преследует обезразмеривание уравнений и начальных параметров при моделировании с использованием методов молекулярной динамики?

8.2. Оценка лабораторных работ

Сдача лабораторной работы заключается в устном объяснении полученных результатов. Максимальная оценка за каждую лабораторную работу - 4 балла.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

Максимальное количество баллов за *зачет с оценкой* – 40 баллов. Билет для зачета с оценкой содержит 3 вопроса.

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

Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой):

1. Возможности применения компьютерных и информационных технологий в области химической технологии, материаловедения и разработки наноматериалов в частности;
2. Рандомизация и планирование эксперимента;
3. Дисперсионный анализ;
4. Построение планов эксперимента; ковариационный анализ.
5. Анализ контрастов и множественные сравнения;
6. Многомерный дисперсионный и ковариационный анализ, предположения и следствия их нарушения;
7. Дисперсионный анализ случайных эффектов;
8. Множественные сравнения;
9. Полнофакторные планы – построение, преимущества и недостатки;
10. Дробно-факторные планы - преимущества и недостатки;
11. Блочные, смешанные планы, центральные композиционные планы;
12. Планы для смесей и других поверхностей с ограничениями;
13. Эффективность экспериментальных планов;
14. Фильтрация спектральных данных;
15. Статистическая обработка с использованием R и Python.
16. Обработка и анализ изображений – применение пакетов Numpy и Scipy, модуль Scikit-image.
17. Использование библиотеки Matplotlib для визуализации данных и построения высококачественных диаграмм.
18. Источники научно-технической информации. Системы организации и хранения научно-технической информации;

19. Критерии эффективности (полнота, точность) поиска и способы их повышения;
20. Методы молекулярной динамики;
21. Броуновская динамика и динамика Ланжевена, методы Монте-Карло;
22. Моделирование взаимодействий частиц.

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 по дисциплине *«Компьютерные и информационные технологии в разработке наноматериалов»* включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для зачета состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачета оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 10 баллов, второй – 15 баллов, третий вопросы – 15 баллов.

Пример билета для зачета с оценкой:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____ (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы»
	Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
Компьютерные и информационные технологии в разработке наноматериалов	
Билет № 1 1. Полнофакторные планы – построение, преимущества и недостатки. 2. Статистическая обработка с использованием R и Python 3. Броуновская динамика и динамика Ланжевена, методы Монте-Карло.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Сузи, Р.А. Язык программирования Python [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р.А. Сузи. — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 350 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100546>.
2. Писаренко, Е. В. Теория планирования эксперимента: учебное пособие / Е. В. Писаренко, В. Н. Писаренко. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 71 с.

Б. Дополнительная литература

1. Северенс, Ч. Введение в программирование на Python [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ч. Северенс. — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 231 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100703>.
2. Ахназарова, С. Л. Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов с неполной информацией о механизме: учебное пособие / С. Л. Ахназарова, Л. С. Гордеев, М. Б. Глебов. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010.
3. Гордиенко, М. Г. Основы работы и программирования в среде MATLAB: учебное пособие / М. Г. Гордиенко. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. - 78 с. – 30 экз
4. Измерения. Статистическая обработка результатов пассивного и активного экспериментов в биотехнологии: учебное пособие / М. Г. Гордиенко. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015.
5. Вознесенский, Э.Ф. Компьютерная визуализация нанообъектов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э.Ф. Вознесенский, И.В. Красина. — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2016. — 84 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/102068>.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Computers & Chemical Engineering», ISSN 0098-1354;
2. Журнал «Computers in Industry», ISSN 0166-3615;
3. Журнал «Computational Statistics and Data Analysis», ISSN 0167-9473;
4. Журнал «Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Statistical Methodology)», ISSN 1467-9868;
5. Журнал «Journal of the Royal Statistical Society, Series C (Applied Statistics)», ISSN 1467-9876;
6. Журнал «Journal of Scientific Computing», ISSN 0885-7474;

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://sciencedirect.com>
- <http://scopus.com>
- <http://elibrary.ru>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 9, (общее число слайдов – более 200);
- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25).

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 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 *«Компьютерные и информационные технологии в разработке наноматериалов»* проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам лекционного курса и практическим занятиям.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
4	Python 3.7	Открытое ПО	PSF License	Бессрочная
5	R -3.6.1	Открытое ПО	GNU General Public License	Бессрочная
6	Maxima 5.43	Открытое ПО	GNU General Public License	Бессрочная
7	NAMD 2.13 (University of Illinois NAMD Molecular Dynamics Software)	Бесплатная лицензия для некоммерческого использования	Non-Exclusive, Non-Commercial Use License	Бессрочная
8	LAMMPS	Открытое ПО	GNU General Public License	Бессрочная

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы теории планирования эксперимента	Знает: – способы планирования эксперимента; – статистические инструменты планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных; Умеет: – производить отбор экспериментальных факторов и построение планов эксперимента в области создания и исследования наноматериалов; – проводить анализ результатов экспериментальных исследований; – выявлять значимость факторов эксперимента; – производить критический анализ опубликованных данных; – применять полученные знания для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии. Владеет: – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты разработки и применения наноматериалов; – навыками использования компьютерных программ для планирования и анализа эксперимента.	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка на зачёте.
Раздел 2. Обработка информации в области наук о наноматериалах	Знает: – современное состояние и перспективные применения компьютерных и информационных технологий в наноиндустрии; – основные системы организации и хранения научно-технической информации; – способы и инструменты обработки и представления экспериментальных данных. Умеет: – проводить анализ результатов экспериментальных исследований; – представлять результаты экспериментальных исследований; – производить критический анализ опубликованных данных; – применять полученные знания для решения исследовательских и прикладных	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка на зачёте.

	задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии. Владеет: – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты разработки и применения наноматериалов; – навыками использования компьютерных программ для планирования и анализа эксперимента; – методологическими подходами и навыками представления экспериментальных данных, в том числе, результатов многофакторных экспериментов; – навыками освоения и применения новых компьютерных и информационных инструментов при разработке и исследовании наноматериалов.	
Раздел 3. Моделирование и визуализация наносистем	Знает: – подходы к моделированию наносистем – способы и инструменты обработки и представления экспериментальных данных; – статистические инструменты планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных; – современное состояние и перспективные применения компьютерных и информационных технологий в nanoиндустрии. Умеет: – применять полученные знания для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии – проводить моделирование процессов движения и агрегации; – представлять результаты экспериментальных исследований; – проводить анализ результатов экспериментальных исследований; – осуществлять поиск и анализ научной-технической информации в доступных источниках. Владеет: – навыками освоения и применения новых компьютерных и информационных инструментов при разработке и	Оценка за контрольную работу № 3. Оценка за лабораторные работы. Оценка на зачёте.

	исследовании наноматериалов. – навыками использования компьютерных программ для планирования и анализа эксперимента; навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты разработки и применения наноматериалов.	

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 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
«Компьютерные и информационные технологии в разработке наноматериалов»
основной образовательной программы

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Лабораторные работы по физическим и химическим свойствам
наноматериалов и наносистем»**

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:
доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии, к.х.н. Мурадовой А.Г.
проф., д.х.н. Королевой М.Ю.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Лабораторные работы по физическим и химическим свойствам наноматериалов и наносистем»* относится к обязательной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области коллоидной химии, физической химии и физикохимии наноструктурированных материалов.

Цель дисциплины – приобретение знаний, умений, владений и формирование компетенций в области физических и химических свойств наноматериалов, на которых основано применение наноматериалов и дальнейшее развитие химической технологии наноматериалов.

Задачи дисциплины – формирование у обучающихся представлений об основных свойствах наноматериалов, методах их оценки и экспериментального исследования, описание и порядок выполнения лабораторных работ.

Дисциплина *«Лабораторные работы по физическим и химическим свойствам наноматериалов и наносистем»* 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**:

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.

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				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – исследование свойств наносистем и наноматериалов с помощью современных методов анализа; – самостоятельная эксплуатация современного аналитического и синтетического оборудования и приборов в соответствии с квалификацией.	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных

	данных по исследованию наноматериалов и наносистем.			композиционных материалов (уровень квалификации – 7)
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – выработка новых теоретических подходов и принципов дизайна наносистем и наноматериалов с заданными свойствами; – разработка новых высокоэффективных методов создания современных наносистем и наноматериалов; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем;	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического контроля этапов разработки наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7)

лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	– отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные) агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.1 Знает требования к экспериментальным образцам наноматериалов и наносистем и результатам научно-исследовательских работ по их разработке ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.

фундаментальных исследований и технологических разработок, – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	пр.)); – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.		исследований и разработок ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. D Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов;
- современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов;
- физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов;
- прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств.

Уметь:

- проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов;
- определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения;
- применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.

Владеть:

- навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов;
- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов.
- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов;
- навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных 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
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25
Самостоятельная работа	2,06	74	56
Контактная самостоятельная работа	2,06	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		73,6	55,7
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	Диффузия по межфазным границам. Зернограничная диффузия.	20	-	-	6	14
1.1	Лабораторная работа №1 «Объемная и зернограничная диффузия»	20	-	-	6	14
2	Особенности магнитных свойств наноматериалов.	48	-	-	16	32
2.1	Лабораторная работа №2 «Получение и исследование свойств магнитной жидкости с дисперсионной средой вакуумного масла»	24	-	-	8	16
2.2	Лабораторная работа №3 «Получение и исследование магнитных свойств нанокompозитов $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ »	24	-	-	8	16
3	Особенности кинетики процессов в гетерофазных системах с наноструктурами.	20	-	-	6	14
3.1	Лабораторная работа №4 «Изучение кинетики высвобождения водорастворимых веществ из наноструктурированных сред методом диализа»	20	-	-	6	14
4	Размерный эффект.	20	-	-	6	14
4.1	Лабораторная работа №5 «Синтез квантовых точек CdSe исследование их фотолюминесцентных свойств».	20	-	-	6	14
	Подготовка к зачету	-	-	-	-	-
	ИТОГО:	108	-	-	34	74

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Диффузия по межфазным границам. Зернограничная диффузия.

Лабораторная работа №1 «Объемная и зернограничная диффузия» Определение энергий активации и предэкспоненциальных множителей объемной и зернограничной диффузии. Сравнение параметров зернограничной и объемной диффузии.

Раздел 2. Особенности магнитных свойств наноматериалов.

Лабораторная работа №2 «Получение и исследование свойств магнитной жидкости с дисперсионной средой вакуумного масла». Получение частиц дисперсной фазы магнитной жидкости методом соосаждения. Исследование размера частиц дисперсии магнитной жидкости методом динамического светорассеяния.

Лабораторная работа №3 «Получение и исследование магнитных свойств нанокompозитов $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ». Синтез нанокompозитных частиц $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ и исследование магнитных свойств. Определение размеров частиц $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ методом оптического светопропускания и электронной микроскопии.

Раздел 3. Особенности кинетики процессов в гетерофазных системах с наноструктурами.

Лабораторная работа №4 «Изучение кинетики высвобождения водорастворимых веществ из наноструктурированных сред методом диализа». Изучение кинетики высвобождения водорастворимого красителя родамина С из микроэмульсии и жидкого красителя лецитина методом диализа.

Раздел 4. Размерный эффект.

Лабораторная работа №5 «Синтез квантовых точек CdSe ». Синтез квантовых точек CdSe методом горячей инъекции. Исследование фотолюминесцентных свойств квантовых точек.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знает:				
1	– современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов;	+	+	+	+
2	– современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов;	+	+	+	+
3	– физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов;	+	+	+	+
4	– прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств.	+	+	+	+
	Умеет:				
5	– проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов;	+	+	+	+
6	– определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения;	+	+	+	+
7	– применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.	+	+	+	+
	Владеет:				
8	– навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов;	+	+	+	+
9	– способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов.	+	+	+	+

10	– методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов;	+	+	+	+
11	– навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие универсальные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
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	+	+	+
13		УК-1.2. Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке	+	+	+
14		УК-1.1. Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
14	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне	+	+	+

15		ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	+	+	+	+
16	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты	+	+	+	+
17	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.1 Знает требования к экспериментальным образцам наноматериалов и наносистем и результатам научно-исследовательских работ по их разработке	+	+	+	+
18		ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	+	+	+	+
19		ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия не предусмотрены

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «**Лабораторные работы по физическим и химическим свойствам наноматериалов и наносистем**», а также дает знания о способах получения наноматериалов различными жидкофазными методами и исследование их свойств.

Максимальное количество баллов за выполнение и защиту лабораторного практикума составляет 100 баллов (максимально по 12 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	Лабораторная работа «Объемная и зернограничная диффузия»	6
2	2	Лабораторная работа №1 «Получение и исследование свойств магнитной жидкости с дисперсионной средой вакуумного масла»	8
3	2	Лабораторная работа №3 «Получение и исследование магнитных свойств нанокompозитов $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ »	8
4	3	Лабораторная работа «Изучение кинетики высвобождения водорастворимых веществ из наноструктурированных сред методом диализа».	6
5	4	Лабораторная работа «Синтез квантовых точек CdSe ». Синтез квантовых точек CdSe методом горячей инъекции. Исследование фотолюминесцентных свойств квантовых точек.	6

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины **Лабораторные работы по физическим и химическим свойствам наноматериалов и наносистем** предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 38 часов (1,05 зач. ед.). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лабораторных занятиях материала;
- подготовку к защите лабораторной работы;
- 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;
- подготовку к сдаче зачета по дисциплине.

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

законспектированный на лабораторной работе, 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

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитические работы не предусмотрены.

8.2. Примеры вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрены защиты лабораторных работ по каждому разделу). Максимальная оценка за защиту лабораторной работы составляет по 12 баллов за

Раздел 1. Примеры вопросов к защите лабораторной работы № 1.
Максимальная оценка – 12 баллов. Контрольная работа содержит 5 вопросов.

1. Какие кинетические режимы диффузии по Харрисону вы знаете?
2. Какому из перечисленных кинетических режимов должны удовлетворять полученные образцы?
3. Какие координаты спрямления необходимо выбрать при определении коэффициента объемной диффузии? Объясните свой выбор.
4. Какие координаты спрямления необходимо выбрать при определении коэффициента зернограницной диффузии? Объясните свой выбор.
5. Почему полученные в работе значения коэффициентов объемной диффузии и зернограницной диффузии приведены в разных единицах измерения?

Раздел 2. Примеры вопросов к защите лабораторной работы № 2
Максимальная оценка – 12 баллов. Контрольная работа содержит 5 вопросов.

1. Какие жидкофазные методы получения наночастиц оксидов железа вы знаете?
2. Что является наиболее распространенным в лабораторной практике материалом магнитных наночастиц?
3. Какими преимуществами и недостатками обладает метод соосаждения? Опишите основные характеристики наночастиц Fe_3O_4 , получаемых таким методом.
4. Чем определяется устойчивость наночастиц в магнитной жидкости к агрегации, вызванной диполь-дипольным взаимодействием?
5. Какие основные требования, предъявляемые к магнитным жидкостям?

Раздел 3. Примеры вопросов к защите лабораторной работы № 4
Максимальная оценка – 12 баллов. Контрольная работа содержит 5 вопросов.

1. Что такое диализ?
2. Как диализ применяется для очистки белков?
3. Какие наноструктурированные среды можно применить в качестве носителей лекарственных веществ?
4. Как подобрать размер пор диализного мешка?
5. Изобразите схему установки для диализа?

Раздел 4. Примеры вопросов к защите лабораторной работы № 5
Максимальная оценка – 12 баллов. Контрольная работа содержит 5 вопросов.

1. Какие нанообъекты относят к «квантовым точкам»?
2. Какие способы получения квантовых точек Вы знаете?

3. Какой физический смысл уравнения Тауца в определении размера квантовых точек?
4. Каким образом можно определить размер частиц квантовых точек используя спектрофотометр Varian Cary 50.
5. Что представляет собой метод горячей инъекции. Какие факторы оказывают влияние на образование и рост квантовых точек в жидкой среде?

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

Итоговый контроль проводится в форме устного опроса (зачет с оценкой). Билет для проведения зачета содержит 5 вопросов. Максимальная оценка за каждый вопрос – 8 баллов, максимальная общая оценка – 40 баллов). Общая оценка зачета складывается путем суммирования баллов на зачете с оценкой. Максимальная оценка зачета – 100 баллов.

Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

1. Основные типы магнитотвердых и магнитомягких материалов. Сравнительные характеристики, способы получения, зависимости состав-структура-свойства.
2. Методы измерения магнитной восприимчивости: весы Фарадея, вибромагнетометр, СКВИД-магнетометр, индуктивные измерения.
3. Оценка размера наночастиц, используя уравнение Шерера.
4. Оценка размера наночастиц методом динамического светорассеивания.
5. Жидкофазные методы получения наночастиц оксидов железа.
6. Что является наиболее распространенным в лабораторной практике материалом магнитных наночастиц?
7. Назовите основные способы получения таких наночастиц.
8. Какова роль ультразвука при получении наночастиц методом соосаждения? Какой размер имеют получаемые наночастицы?
9. Чем определяется возможность вхождения катионов в структуру ферритов, чем определяется предел такого вхождения?
10. Какие задачи могут решаться введением дополнительных катионов в структуру ферритов?
11. Чем определяется устойчивость наночастиц в магнитной жидкости к агрегации, вызванной диполь-дипольным взаимодействием?
12. Почему наночастицы для создания магнитных жидкостей чаще всего получают методом соосаждения?

8.4. Структура и пример билета для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы» Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
	«Лабораторные работы по физическим и химическим свойствам наноматериалов и наносистем»
Билет № 1 1. Оценка размера наночастиц методом динамического светорассеивания. 2. Жидкофазные методы получения наночастиц оксидов железа. 3. Что является наиболее распространенным в лабораторной практике материалом магнитных наночастиц? 4. Назовите основные способы получения таких наночастиц. 5. Какова роль ультразвука при получении наночастиц методом соосаждения? Какой размер имеют получаемые наночастицы?	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Наноматериалы и нанотехнология: учебный методический комплекс 2 т / Юртов Е. В. - М.: Изд. РХТУ, 2010. 260 с.
2. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие / Мишина Е. Д., Шерстюк Н. Э., Евдокимов А. А, Вальднер В. О. Изд.: Лаборатория знаний. 2017. -187 С..

Б. Дополнительная литература

1. Coey J.M.D. Magnetism and magnetic materials. Cambridge University Press, 2009. 633 p.
2. Розенцвейг Р. Феррогидродинамика: пер. с англ. М.: Мир, 1989. 356 с.
3. Щербаков А.Б., Иванов В.К. Практикум по наноматериалам и нанотехнологиям. М.: Изд-во Московского университета, 2019. -368 с.
4. Магнитные наноматериалы: учебно-методический комплекс: в 2 т. Т.1 / П.Е. Казин. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. -116 с.
5. Такетоми С., Тикадзуми С. Магнитные жидкости: пер. с японск. М.: Мир, 1993. -272 с.
6. Блум Э.Я., Майоров М.М., Цеберс А.О. Магнитные жидкости. Рига: Зинатне, 1989.- 387 с.
7. Нанохимия и наноматериалы: учебное пособие / Шабатина Т. И., Голубев А. Н. - М.: Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2014. -63 С..

8. Олейников В.А. Квантовые точки в биологии и медицине // Природа. 2010 [3]. С. 22-28.

9. Микроэмульсии и лиотропные жидкие кристаллы лецитина как системы для трансдермальной доставки лекарственных веществ / Мурашова Н. М., Трофимова Е. С., Костюченко М. Ю., Мезина Е. Д., Юртов Е.В. // Российские нанотехнологии. 2019. Т. 14 № 1-2. -С. 69-75.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- [http:// www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [http:// www.scopus.com](http://www.scopus.com)

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- контрольные вопросы для текущего контроля освоения лабораторных работ.

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 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 «Лабораторные работы по физическим и химическим свойствам наноматериалов и наносистем» проводятся в форме лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Оборудование, необходимое для работы, анализа:

Научные лаборатории, снабженные лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, химической посудой, реактивами, необходимым общелабораторным оборудованием (весы аналитические, сушильные шкафы, вакуум-сушильные шкафы, колбонагреватели, ротационные испарители, термостаты, печи муфельные, центрифуги, магнитные мешалки, ультразвуковые гомогенизаторы, рН-метры, кондуктометры) и специализированным оборудованием для разработки, синтеза и исследования свойств наноматериалов и наноструктурированных систем, в том числе планетарная микромельница, спектрофотометр в УФ и видимой области, синхронный термический анализатор, анализатор размера и дзета-потенциала частиц, анализатор стабильности дисперсных систем, ротационный вискозиметр (реометр).

11.2. Учебно-наглядные пособия

Учебно-наглядные пособия дисциплиной «Лабораторные работы по физическим и химическим свойствам наноматериалов и наносистем» не предусмотрены.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе:	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления

	• Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath			лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Диффузия по межфазным границам. Зернограничная диффузия.	<i>знает:</i> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. <i>умеет:</i> – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <i>владеет:</i> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов. – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии	Защита лабораторной работы №1. Оценка на зачёте.

	наноматериалов; – навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.	
Раздел 2. Особенности магнитных свойств наноматериалов.	<i>знает:</i> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. <i>умеет:</i> – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <i>владеет:</i> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов. – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических	Защита лабораторных работ №2, №3. Оценка на зачёте.

	свойств и химической технологии наноматериалов; навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.	
Раздел 3. Особенности кинетики процессов в гетерофазных системах с наноструктурами.	<i>знает:</i> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. <i>умеет:</i> – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <i>владеет:</i> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов. – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и	Защита лабораторной работы №4. Оценка на зачёте.

	технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов; навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.	
Раздел 4. Размерный эффект.	<i>знает:</i> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. <i>умеет:</i> – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <i>владеет:</i> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и	Защита лабораторной работы №5. Оценка на зачёте.

	наноматериалов. – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов; навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.	

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 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
«Лабораторные работы по физическим и химическим свойствам наноматериалов и наносистем»
основной образовательной программы
 28.04.03 Наноматериалы
 магистерская программа
 «Химическая технология наноматериалов»
 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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы анализа наноматериалов»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена профессором кафедры наноматериалов и нанотехнологии Филипповым М.Н.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «**Методы анализа наноматериалов**» относится к блоку обязательных дисциплин учебного плана, части, формируемой участниками образовательных отношений. Программа предполагает, что обучающиеся имеют подготовку в области физикохимии наноматериалов.

Цель дисциплины - формирование у студентов представления о диагностике наноматериалов как о едином комплексе взаимосвязанных методов, взаимно дополняющих друг друга.

Задачи дисциплины – формирование представлений об информативных возможностях методов диагностики и анализа наноматериалов, основных метрологических характеристиках методов, физических границах применимости.

Дисциплина «**Методы анализа наноматериалов**» 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
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – исследование свойств наносистем и наноматериалов с помощью современных методов анализа; – самостоятельная эксплуатация современного аналитического и синтетического оборудования и приборов в соответствии с квалификацией.	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для обработки	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от

	экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем.			«8» сентября 2015 г. № 604н Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок, – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные) агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.1 Знает требования к экспериментальным образцам наноматериалов и наносистем и результатам научно-исследовательских работ по их разработке ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом

составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. Д Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- физические основы методов диагностики наночастиц и наноматериалов;
- физические основы методов просвечивающей и растровой электронной микроскопии, методов сканирующей зондовой микроскопии;
- физические основы методов локального анализа
- физические основы зондового микроанализа, электронной оже-спектроскопии, рентгенофотозлектронной спектроскопии, масс-спектрометрии вторичных ионов;
- физические основы интегральных методов, основанных на рассеянии света и рентгеновского излучения;
- основные метрологические характеристики методов диагностики и анализа наноматериалов.

Уметь:

- интерпретировать результаты исследований, полученные с использованием методов диагностики наночастиц и наноматериалов;
- выбирать метод диагностики, обусловленный свойствами объекта и измерительной задачей;
- оценивать погрешности результатов диагностики и анализа наноматериалов.

Владеть:

- представлением о диагностике, как развивающемся направлении исследований, навыками обработки результатов исследований наноматериалов;
- навыками критического анализа результатов диагностики.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,88	68	50
в том числе в форме практической подготовки	0,94	34	25
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,94	34	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:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Раздел	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	Сам. работа
1	Особенности исследования нанообъектов и наносистем	16	-	-	-	-	8	16
1.1	Введение	2	-	-	-	-	-	6
1.2	Микроскопия	4	-	-	-	-	-	4
1.3	Электронная оптика и оптика заряженных частиц	10	-	-	-	-	8	6
2	Методы микроскопии	52	24	-	24	24	12	24
2.1	Растровая электронная микроскопия	26	12	-	12	12	6	12
2.2	Просвечивающая электронная микроскопия	26	12	-	12	12	6	12
3	Спектральные методы анализа. Дифракционные методы исследования	60	10	-	10	10	14	48
3.1	Электронно-зондовый микроанализ	11	-	-	-	-	3	10
3.2	Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов	11	-	-	-	-	3	10
3.3	Методы электронной спектроскопии	22	10	-	10	10	4	10
3.4	Взаимодействие ионных пучков с твердым телом	6	-	-	-	-	-	9
3.5	Интегральные методы определения размеров наночастиц	10	-	-	-	-	4	9
	Подготовка к зачету	16	-	-	-	-	-	16
	Всего часов	180	34	-	34	34	34	112

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Особенности исследования нанообъектов и наносистем

Введение. Наночастицы и наноматериалы, как объекты диагностики и химического анализа. Требования к метрологическим характеристикам методов, обусловленные размером объектов.

Микроскопия. Общие понятия. Оптическая микроскопия. Явление дифракции и предельная разрешающая способность классического оптического микроскопа. Сканирующий зондовый оптический микроскоп ближнего поля. Информативные возможности и разрешающая способность.

Электронная оптика и оптика заряженных частиц. Вакуумные условия. Источники электронов. Виды электронной эмиссии: термоэлектронная эмиссия, эмиссия Шоттки и автоэлектронная (полевая) эмиссия. Характеристики источников электронов. Управление электронными и ионными пучками. Электронная линза.

Раздел 2. Методы микроскопии

Растровая электронная микроскопия. Устройство растрового электронного микроскопа. Вторичная электронная эмиссия. Вторичные электроны и обратно рассеянные электроны. Детекторы электронов. Формирование изображений в эмиссионных режимах растрового электронного микроскопа. Контраст изображений. Информативные возможности эмиссионных режимов. Пространственное разрешение. Специальные режимы растрового электронного микроскопа. Метрологические характеристики растровой электронной микроскопии.

Просвечивающая электронная микроскопия. Схема просвечивающего электронного микроскопа. Типы контраста изображения в просвечивающем электронном микроскопе. Методы подготовки объектов для исследований в просвечивающем электронном микроскопе. Сравнение информативных возможностей и метрологических характеристик различных типов электронных микроскопов.

Раздел 3. Спектральные методы анализа. Дифракционные методы исследования

Электронно-зондовый микроанализ. Возникновение характеристического и тормозного рентгеновских излучений. Правило Мозли. Качественный анализ с использованием рентгеновского излучения. Зависимость интенсивности характеристического рентгеновского излучения элемента от его содержания в образце. Матричные эффекты. Количественный электронно-зондовый анализ. Локальность определений. Расчетный метод построения градуировочной характеристики. Метрологические характеристики метода. Электронно-зондовый микроанализ в просвечивающей электронной микроскопии. Специальные методы электронно-зондового микроанализа.

Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов. Диагностика нанопленок. Информативные возможности и метрологические характеристики.

Методы электронной спектроскопии. Оже-эффект и внешний фотоэффект. Вакуумные условия. Анализаторы энергии электронов. Оже-электронная спектроскопия и рентгенофотоэлектронная спектроскопия.

Взаимодействие ионных пучков с твердым телом. Вторичная ионная эмиссия. Масс-спектрометрия вторичных ионов. Устройство масс-спектрометра. Метрологические характеристики метода.

Интегральные методы определения размеров наночастиц. Седиментационный анализ. Методы рассеяния света: релеевское рассеяние, динамическое рассеяние. Предельные возможности методов рассеяния света и физические ограничения. Рассеяние рентгеновского излучения. Метод Шерера. Малоугловое рассеяние рентгеновского излучения.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	– физические основы методов диагностики наночастиц и наноматериалов	+	+	+
2	– физические основы методов просвечивающей и растровой электронной микроскопии, методов сканирующей зондовой микроскопии	+	+	+
3	– физические основы методов локального анализа	+	+	+
4	– физические основы зондового микроанализа, электронной оже-спектроскопии, рентгенофотоэлектронной спектроскопии, масс-спектрометрии вторичных ионов	+	+	+
5	– физические основы интегральных методов, основанных на рассеянии света и рентгеновского излучения	+	+	+
6	– основные метрологические характеристики методов диагностики и анализа наноматериалов	+	+	+
	Уметь:			
7	– интерпретировать результаты исследований, полученные с использованием методов диагностики наночастиц и наноматериалов	+	+	+
8	– выбирать метод диагностики, обусловленный свойствами объекта и измерительной задачей	+	+	+
9	– оценивать погрешности результатов диагностики и анализа наноматериалов	+	+	+
	Владеть:			
10	– представлением о диагностике, как развивающемся направлении исследований, навыками обработки результатов исследований наноматериалов	+	+	+
11	– навыками критического анализа результатов диагностики	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
12	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне	+	+
13		ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне	+	+
14		ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	+	+

15	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.1 Знает требования к экспериментальным образцам наноматериалов и наносистем и результатам научно-исследовательских работ по их разработке	+	+	+
16		ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	1	– Электронная оптика и оптика заряженных частиц;	8
2	2	– Растровая электронная микроскопия	6
3	2	– Просвечивающая электронная микроскопия;	6
4	3	– Электронно-зондовый микроанализ	3
5	3	– Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов	3
6	3	– Методы электронной спектроскопии	4
7	3	– Интегральные методы определения размеров наночастиц	4

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе. Максимальная оценка за каждую лабораторную работу составляет 5 баллов.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№	Раздел	Темы лабораторных занятий	Часы
1	2	– Исследование образцов пленок, покрытий методом растровой электронной микроскопии;	12
2	2	– Исследование образцов наночастиц оксидов металлов методом просвечивающей электронной микроскопии;	12
3	3	– Исследование образцов наночастиц оксидов металлов методом электронной спектроскопии.	10

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 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

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка контрольной работы составляет 15 баллов.

Каждая контрольная работа по дисциплине «Методы анализа наноматериалов» представляет собой набор из 2 открытых вопросов, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала. Каждый вопрос оценивается исходя из 7,5 баллов. При оценивании учитывается полнота и логичность построения ответа.

Пример варианта контрольной работы по разделу 1:

- 1 При какой энергии электронов длина волны электрона равна 1 нм?
- 2 Почему пространственное разрешение растрового электронного микроскопа в режиме регистрации медленных вторичных электронов существенно лучше, чем пространственное разрешение, получаемое на этом же микроскопе, но в режиме регистрации обратно рассеянных электронов?

Пример варианта контрольной работы по разделу 2:

1. Назовите способы исследования в растровом электронном микроскопе объектов с низкой электропроводностью?
2. Почему наблюдается возрастание сигнала медленных вторичных электронов вблизи краев элементов рельефа?

Пример варианта контрольной работы по разделу 3:

1. Почему в электронно-зондовом микроанализе используют расчетный способ коррекции влияния матричных эффектов, а не строят градуировочную характеристику по образцам известного состава?
2. Почему в оже-электронной спектроскопии необходим сверхвысокий вакуум?

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

Максимальная оценка – 40 баллов.

1. Почему в STED-микроскопии удается получить пространственное разрешение существенно лучшее, чем половина длины волны света?
2. При какой энергии электронов длина волны электрона равна 1 нм?
3. Почему пространственное разрешение растровых электронных микроскопов с термоэмиссионным катодом хуже, чем пространственное разрешение тех же микроскопов с автоэмиссионным катодом?
4. Почему пространственное разрешение растрового электронного микроскопа в режиме регистрации медленных вторичных электронов существенно лучше, чем пространственное разрешение, получаемое на этом же микроскопе, но в режиме регистрации обратно рассеянных электронов?
5. Чем обусловлен размер области взаимодействия электронов зонда с твердым телом? Чему по порядку величины равен этот размер при энергии электронов 30 кэВ?
6. Чем обусловлена глубина выхода медленных вторичных электронов из образца и чему она равна по порядку величины?

7. Почему наблюдается возрастание сигнала медленных вторичных электронов вблизи краев элементов рельефа?
8. Назовите способы исследования в растровом электронном микроскопе объектов с низкой электропроводностью?
9. Каким образом можно исследовать в растровом электронном микроскопе влагосодержащий объект?
10. Почему в электронно-зондовом микроанализе используют расчетный способ коррекции влияния матричных эффектов а не строят градуировочную характеристику по образцам известного состава?
11. Почему пределы обнаружения в электронно-зондовом микроанализе хуже, чем в рентгенофлуоресцентном анализе?
12. Что такое эффект вторичной флуоресценции?
13. Почему в оже-электронной спектроскопии необходим сверхвысокий вакуум?
14. Каковы пределы обнаружения в электронно-зондовом микроанализе и рентгенофлуоресцентном анализе?
15. Каковы пределы обнаружения в масс-спектрометрии вторичных ионов? Какое пространственное разрешение по глубине достигается в этом методе?
16. Принцип атомно-зондовой томографии. Пространственное разрешение.
17. Какие методы анализа позволяют регистрировать присутствие в пробе отдельных атомов примеси?
18. Почему разрешение в электронно-зондовом микроанализе в просвечивающем электронном микроскопе существенно лучше, чем в случае использования растрового электронного микроскопа?
19. Почему локальность по глубине в оже-электронной спектроскопии составляет единицы нанометров и не зависит от энергии возбуждающих электронов, в то время как в электронно-зондовом микроанализе эта же локальность составляет доли-единицы микрометров и зависит от энергии электронов зонда?
20. Атомно-силовая микроскопия обладает лучшим пространственным разрешением, чем растровая, соответствующие приборы достаточно дешевы. Почему продолжается выпуск и использование растровых электронных микроскопов?

8.3. Структура и пример билета для зачёта с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине **«Методы анализа наноматериалов»** включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачета состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачета оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за каждый вопрос – 20 баллов.

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____ «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	<i>Кафедра наноматериалов и нанотехнологии</i>
	<i>28.04.03 Наноматериалы и нанотехнологии</i>
	Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
Методы анализа наноматериалов	
Билет № 1	
1. Почему в электронно-зондовом микроанализе используют расчетный способ коррекции влияния матричных эффектов, а не строят градуировочную характеристику по образцам известного состава?	
2. Что такое эффект вторичной флуоресценции?	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева – 2010, т.1 - 124 с., т.2 – 148 с.
2. Власов, А.И. Наноинженения : учебное пособие : в 17 книгах / А.И. Власов, К.А. Елсуков, Ю.В. Панфилов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011 — Книга 1 : Методы микроскопии — 2011. — 280 с. — ISBN 978-5-7038-3492-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106500> (дата обращения: 22.05.2020)
3. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение : сборник научных трудов / перевод с английского С. А. Иванова, К. И. Домкина. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 607 с. — ISBN 978-5-00101-478-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/94144> (дата обращения: 22.05.2020).

Б. Дополнительная литература

1. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологий [Текст] : учебное пособие / В. В. Старостин. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 431 с.
2. Гаврилова, Н. Н. Микроскопические методы определения размеров частиц дисперсных материалов [Текст] : учебное пособие / Н. Н. Гаврилова, В. В. Назаров, О. В. Яровая. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 51 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

– Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
2. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
3. ACS Nano Print Edition ISSN: 1936-0851, Web Edition ISSN: 1936-086X

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com, www.scopus.com.
2. Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org>
3. Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
4. Ресурсы RCS: <http://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=all>
5. Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данной дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 9, (общее число слайдов – более 100);
- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25).

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 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 «Методы анализа наноматериалов» проводятся в форме практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Научные лаборатории кафедры, снабженные лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, химической посудой, реактивами, необходимым общелабораторным оборудованием (весы аналитические, сушильные шкафы, вакуум-сушильные шкафы, колбонагреватели, ротационные испарители, термостаты, печи муфельные, центрифуги, магнитные мешалки, ультразвуковые гомогенизаторы, рН-метры, кондуктометры) и специализированным оборудованием для разработки, синтеза и исследования свойств наноматериалов и наноструктурированных систем, в том числе планетарная микромельница, спектрофотометр в УФ и видимой области, синхронный термический анализатор, анализатор размера и дзета-потенциала частиц, анализатор стабильности дисперсных систем, ротационный вискозиметр (реометр)

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Особенности исследования нанообъектов и наносистем	знает: – физические основы методов диагностики наночастиц и наноматериалов; – физические основы методов просвечивающей и растровой электронной микроскопии, методов сканирующей зондовой микроскопии; – физические основы методов локального анализа – физические основы зондового микроанализа, электронной оже-спектроскопии, рентгенофотоэлектронной спектроскопии, масс-спектрометрии вторичных ионов; – физические основы интегральных методов, основанных на рассеянии света и рентгеновского излучения; – основные метрологические характеристики методов диагностики и анализа наноматериалов. умеет: – интерпретировать результаты исследований, полученные с использованием методов диагностики наночастиц и наноматериалов; – выбирать метод диагностики, обусловленный свойствами объекта и измерительной задачей; – оценивать погрешности результатов диагностики и анализа наноматериалов. владеет: – представлением о диагностике, как развивающемся направлении исследований, навыками обработки результатов исследований наноматериалов; – навыками критического анализа результатов диагностики.	Оценка за контрольную работу № 1.
Раздел 2. Методы микроскопии	знает: – физические основы методов диагностики наночастиц и наноматериалов; – физические основы методов просвечивающей и растровой электронной микроскопии, методов сканирующей зондовой микроскопии; – физические основы методов локального анализа – физические основы зондового микроанализа, электронной оже-спектроскопии, рентгенофотоэлектронной спектроскопии, масс-спектрометрии вторичных ионов; – физические основы интегральных методов, основанных на рассеянии света и рентгеновского	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за лабораторную работу.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	излучения; – основные метрологические характеристики методов диагностики и анализа наноматериалов. умеет: – интерпретировать результаты исследований, полученные с использованием методов диагностики наночастиц и наноматериалов; – выбирать метод диагностики, обусловленный свойствами объекта и измерительной задачей; – оценивать погрешности результатов диагностики и анализа наноматериалов. владеет: – представлением о диагностике, как развивающемся направлении исследований, навыками обработки результатов исследований наноматериалов; – навыками критического анализа результатов диагностики.	
Раздел 3. Спектральные методы анализа. Дифракционные методы исследования	знает: – физические основы методов диагностики наночастиц и наноматериалов; – физические основы методов просвечивающей и растровой электронной микроскопии, методов сканирующей зондовой микроскопии; – физические основы методов локального анализа – физические основы зондового микроанализа, электронной оже-спектроскопии, рентгенофотоэлектронной спектроскопии, масс-спектрометрии вторичных ионов; – физические основы интегральных методов, основанных на рассеянии света и рентгеновского излучения; – основные метрологические характеристики методов диагностики и анализа наноматериалов. умеет: – интерпретировать результаты исследований, полученные с использованием методов диагностики наночастиц и наноматериалов; – выбирать метод диагностики, обусловленный свойствами объекта и измерительной задачей; – оценивать погрешности результатов диагностики и анализа наноматериалов. владеет: – представлением о диагностике, как развивающемся направлении исследований,	Оценка за контрольную работу № 3. Оценка за лабораторную работу.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	навыками обработки результатов исследований наноматериалов; – навыками критического анализа результатов диагностики.	

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 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 анализа наноматериалов»
основной образовательной программы**

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы исследования механических свойств наноматериалов»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена профессором кафедры наноматериалов и нанотехнологии д.х.н.
Королёвой М.Ю.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и
нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «**Методы исследования механических свойств наноматериалов**» относится к части учебного плана, определяемой участниками образовательных отношений, блоку дисциплин по выбору. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области механики сплошных сред.

Цель дисциплины - приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области методов исследования механических свойств наноматериалов.

Задачи дисциплины: формирование у обучающихся системных глубоких знаний в области механических свойств наноматериалов, понимания общих закономерностей получения таких материалов; выработка на этой основе системного подхода к постановке, выполнению научных исследований в указанной области, способности анализировать и критически оценивать получаемые результаты, предлагать пути решения поставленных задач и находить среди них оптимальный.

Дисциплина «**Методы исследования механических свойств наноматериалов**» преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **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				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – исследование свойств наносистем и наноматериалов с помощью современных методов анализа; – самостоятельная эксплуатация современного аналитического и синтетического оборудования и приборов в соответствии с квалификацией.	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем.	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

знать:

- методы исследования структуры и механических свойств твердых наноматериалов
- методы исследования структуры и механических свойств жидких сред, в том числе вязкоупругих
- основные типы приборов, применяемых для анализа механических свойств наноматериалов;

уметь:

- правильно выбрать нужный тип прибора и методику анализа механических свойств конкретного наноматериала

владеть:

- информацией об особенностях исследования механических свойств полимерных нанокомпозитов, гелей и неньютоновских жидкостей.
- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с исследованием механических свойств наноматериалов.

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
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	2,59	93	70
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,7
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Раздел	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	В т.ч. в форм. пр. подг.	Лек	ПЗ	В т.ч. в форм. пр. подг.	СР	В т.ч. в форм. пр. подг.
1	Раздел 1	75	4	9	18	2	48	2
1.1	Приборы и методы для исследования структуры и механических свойств твердых наноматериалов	25	4	3	6	2	16	2
1.2	Механические свойства полимерных нанокомпозитов	25	-	3	6	-	16	-
1.3	Исследование пленок и покрытий на основе нанокомпозитов	25	-	3	6	-	16	-
2	Раздел 2	69	4	8	16	2	45	2
2.1	Основы реологии	23	-	3	5	-	15	-
2.2	Типы реометров	22	-	2	5	-	15	-
2.3	Особенности течения вязкоупругих и структурированных сред	24	4	3	6	2	15	2
	Всего часов	144	8	17	34	4	93	4

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Методы исследования механических свойств твердых наноматериалов

1.1. Приборы и методы для исследования структуры и механических свойств твердых наноматериалов. Методы исследования структуры на наноразмерном уровне. Методы изучения механических характеристик нанокомпозитов. Нанотрибологические исследования. Компьютерное моделирование механических свойств нанокомпозитов.

1.2. Механические свойства полимерных нанокомпозитов. Деформационно-прочностные свойства полимерных тел. Анализ диаграммы растяжения. Модели вязкоупругого поведения полимерных тел. Механический, динамический механический и термомеханический анализ полимеров. Разрушение полимерных тел. Механические свойства нанокомпозитов.

1.3. Исследование пленок и покрытий на основе нанокомпозитов. Механические свойства пленок и покрытий на основе нанокомпозитов. Многофункциональные наноструктурированные пленки и покрытия. Наноструктурированные трибологические покрытия. Механические свойства и стабильность наноматериалов при воздействии температуры.

Раздел 2. Методы исследования механических свойств жидких сред

2.1. Основы реологии. Основные понятия вискозиметрии: деформация, напряжение, скорость сдвига, упругость, пластичность, вязкость. Классификация материалов по структурно-механическим свойствам. Математические модели, описывающие кривые течения.

2.2. Типы реометров. Ротационные реометры. CS- и CR-реометры. Уравнения для расчета скорости сдвига, напряжения сдвига и вязкости. Измерительные системы «цилиндр-цилиндр» и «конус-пластина». Испытания в режиме вынужденных колебаний. Примеры наиболее распространенных приборов.

2.3. Особенности течения вязкоупругих и структурированных сред. Кривые течения неньютоновских жидкостей. Математическое описание неньютоновских жидкостей. Вязкоупругое поведение гелей. Измерение тиксотропии. Измерение предела текучести.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
	Знать:			
1	–	методы исследования структуры и механических свойств твердых наноматериалов	+	+
2	– –	методы исследования структуры и механических свойств жидких сред, в том числе вязкоупругих	+	+
3	–	основные типы приборов, применяемых для анализа механических свойств наноматериалов;	+	+
	Уметь:			
3	– –	правильно выбрать нужный тип прибора и методику анализа механических свойств конкретного наноматериала	+	+
	Владеть:			
5	–	информацией об особенностях исследования механических свойств полимерных нанокомпозитов, гелей и неньютоновских жидкостей.	+	+
6	–	методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с исследованием механических свойств наноматериалов.	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
11	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне	+	+
12		ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне	+	+
13		ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	1. Приборы и методы для исследования структуры и механических свойств твердых наноматериалов	6
2	Раздел 1	2. Механические свойства полимерных нанокомпозитов	6
3	Раздел 1	3. Исследование пленок и покрытий на основе нанокомпозитов	6
4	Раздел 2	1. Основы реологии	5
5	Раздел 2	2. Типы реометров	5
6	Раздел 2	3. Особенности течения вязкоупругих и структурированных сред	6

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;
- оформление отчетов по проделанным лабораторным работам;
- подготовку к контрольным работам по материалу лекционного курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Web of Science и Scopus;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в научных семинарах, проводимых на кафедре наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой по дисциплине.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Каждая контрольная работа представляет собой кейс по двум разделам.

Максимальная оценка за контрольную работу № 1 - 30 баллов, за контрольную работу № 2 - 30 баллов.

Контрольная работа № 1. Раздел 1

В контрольной работе содержится 30 вопросов-тестов с 4 вариантами ответов.
За каждый правильный ответ обучающийся получает 1 балл, неправильный ответ - 0 баллов.
Максимальная оценка - 30 баллов.

Примеры вопросов:

1. Какие методы относятся к методам исследования структуры материалов на наноразмерном уровне?
2. Какие из перечисленных направлений относятся к нанотрибологическим методам исследований?
3. Каким из перечисленных методов проводится компьютерное моделирование механических свойств нанокompозитов?
4. Какие из перечисленных моделей относятся к моделям вязкоупругого поведения полимерных тел?
5. Какие методы относятся к методам контроля разрушения полимерных тел?

Контрольная работа № 2. Раздел 2

В контрольной работе содержится 30 вопросов-тестов с 4 вариантами ответов.
За каждый правильный ответ обучающийся получает 1 балл, неправильный ответ - 0 баллов.
Максимальная оценка - 30 баллов.

Примеры вопросов:

1. Какое определение скорости сдвига является правильным?
2. Какие из перечисленных моделей относятся к математическим моделям, описывающим кривые течения?
3. Какие типы измерительных устройств имеются в ротационных вискозиметрах?
4. Что из приведенных примеров является полной кривой течения неньютоновских жидкостей?
5. Каким методом можно определить предел текучести?

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

В билетах содержится два вопроса из приведенного ниже списка вопросов. За развернутый ответ на каждый вопрос обучающийся получает до 20 баллов.
Максимальная оценка - 40 баллов.

1. Приборы и методы для исследования структуры и механических свойств твердых наноматериалов
2. Механические свойства полимерных нанокompозитов
3. Исследование пленок и покрытий на основе нанокompозитов
4. Основы реологии
5. Типы реометров
6. Особенности течения вязкоупругих и структурированных сред.

8.3. Структура и пример билета на зачете с оценкой

Зачет по дисциплине «Методы исследования механических свойств наноматериалов» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для зачета состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачета оцениваются из максимальной оценки 40 баллов по 20 баллов за вопрос.

Пример билета для зачета с оценкой:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы (Подпись) _____ (И. О. Фамилия) _____ «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы» Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
Методы исследования механических свойств наноматериалов	
Билет № 1	
1. Приборы и методы для исследования структуры и механических свойств твердых наноматериалов.	
2. Типы реометров.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Юртов Е.В., Королева М.Ю. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2010, 152 с.
2. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010, Т. 1, 148 с., Т. 2, 112 с.

Б. Дополнительная литература

1. Шабанова Н. А., Саркисов П.Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012, 328 с.
2. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы: учебное пособие, 2-е изд., М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 365 с.
3. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие, 2-е изд., М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 431 с.
4. Генералов М.Б. Основные процессы криохимической нанотехнологии. Теория и методы расчета: учебное пособие, СПб.: Профессия, 2010, 348 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

- Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
- Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
- Журнал «Коллоидный журнал», ISSN 0023-2912

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <https://www.sciencedirect.com>
- <http://pubs.acs.org/>
- <http://www.springer.com/gp/products/journals>
- <http://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=all>
- <http://onlinelibrary.wiley.com/>
- <http://nano.muctr.ru/>
- <http://www.rusnano.com>
- <http://www.nanonewsnet.ru>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данной дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 14, (общее число слайдов – более 700; число демонстрационных фильмов – 2);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов - более 60);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 40).

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 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 «*Методы исследования механических свойств наноматериалов*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам дисциплины; распечатки слайдов презентаций.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; альбомы и рекламные проспекты с основными видами наночастиц и наноматериалов.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

	Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams			
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1	Знает: • методы исследования структуры и механических свойств твердых наноматериалов; • методы исследования структуры и механических свойств жидких сред, в том числе вязкоупругих; • основные типы приборов, применяемых для анализа механических свойств наноматериалов. Умеет: • правильно выбрать нужный тип прибора и методику анализа механических свойств конкретного наноматериала. Владеет: • информацией об особенностях исследования механических свойств полимерных нанокомпозитов, гелей и неньютоновских жидкостей; • методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с исследованием механических свойств наноматериалов.	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка на зачете с оценкой.
Раздел 2	Знает: • методы исследования структуры и механических свойств твердых наноматериалов; • методы исследования структуры и механических свойств жидких сред, в том числе вязкоупругих; • основные типы приборов, применяемых	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка на зачете с оценкой.

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	для анализа механических свойств наноматериалов. Умеет: • правильно выбрать нужный тип прибора и методику анализа механических свойств конкретного наноматериала. Владеет: • информацией об особенностях исследования механических свойств полимерных нанокомпозитов, гелей и неньютоновских жидкостей; • методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с исследованием механических свойств наноматериалов.	

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
«Методы исследования механических свойств наноматериалов»

основной образовательной программы

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Полимерные нанокompозиты»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена к.х.н., доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии Мурадовой А.Г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «**Полимерные нанокомпозиты**» относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений, блоку дисциплин по выбору.

Цель дисциплины - приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области полимерных нанокомпозитов и ознакомление с их структурой, свойствами, возможностями применения.

Задачи дисциплины – формирование у обучающихся представлений об основных понятиях полимерных композиционных материалов, их свойствах, способах получения, способах управления их характеристиками и путями практического использования.

Дисциплина «**Полимерные нанокомпозиты**» 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				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – выработка новых теоретических подходов и принципов дизайна наносистем и наноматериалов с заданными свойствами; – разработка новых высокоэффективных методов создания современных наносистем и наноматериалов; – способность к составлению	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического контроля этапов разработки наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) D Управление методами и

методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные) агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке

технологических разработок, – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	типа (гели, суспензии и пр.); – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. D Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные виды матриц и наполнителей для создания полимерных нанокомпозитов;
- основные свойства различных полимерных матриц и полимерных композиционных материалов;
- основные методы переработки полимерных нанокомпозитов;

Уметь:

- выбрать полимерный нанокомпозиционный материал для заданной области применения
- выбрать нужный тип матрицы и наполнителя для создания полимерного наноматериала с заданными свойствами;

Владеть:

- информацией о существующих и перспективных областях применения полимерных нанокомпозитов;
- навыками подготовки докладов на основе анализа современной научной литературы в области полимерных нанокомпозитов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,41	51	38
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	2,59	93	70
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,7
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п.п.	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа	в т.ч. в форме пр. подг.
1	Основы полимерных композиционных наноматериалов	74	-	10	18	-	46	-
1.1	Введение, основные определения, краткая характеристика композиционных материалов.	12	-	2	-	-	10	-
1.2	Механические свойства полимерных материалов.	16	-	2	4	-	10	-
1.3	Получение полимерных композиционных материалов.	20	-	2	6	-	12	-
1.4	Основные свойства полимерных композиционных материалов.	26	-	4	8	-	14	-
2	Методы переработки, особенности и перспективы полимерных композиционных наноматериалов	70	-	7	16	-	47	-
2.1	Основные методы переработки полимерных нанокompозитов.	22	4	2	6	2	14	2
2.2	Полимерсиликатные нанокompозиты.	16	-	2	4	-	10	-
2.3	Существующие и перспективные области применения полимерных нанокompозитов	32	4	3	6	2	23	2
	Подготовка к экзамену	36	-	-	-	-	36	-
	Всего часов	180	8	17	34	4	93	4

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основы полимерных композиционных наноматериалов

Введение, основные определения, краткая характеристика композиционных материалов. Основные определения. Роль полимерных нанокомпозитов в современном мире. Классификация полимеров.

Механические свойства полимерных материалов. Механические свойства полимеров. Растворы полимеров. Вязкотекучее состояние полимеров. Упругие свойства полимеров. Стеклообразное состояние высокомолекулярных соединений. Кристаллизация полимеров.

Получение полимерных композиционных материалов. Получение полимерных нанокомпозитов. Виды нанонаполнителей для полимеров. Нанокомпозиты на основе термопластов. Нанокомпозиты на основе реактопластов. Методы введения нанонаполнителей в полимерную матрицу. Нанокомпозиционные наполнители для полимерных матриц.

Основные свойства полимерных композиционных материалов. Возрастание прочностных и деформационных свойств, ударных характеристик, барьерных свойств (газо- и водопроницаемости), снижение горючести и т.д. Влияние нанонаполнителей на реологические свойства, теплостойкость и термостойкость полимеров. Критическая длина волокон.

Раздел 2. Методы переработки, особенности и перспективы полимерных композиционных наноматериалов

Основные методы переработки полимерных нанокомпозитов. Процессы формования изделий из нанонаполненных термопластичных полимерных материалов (экструзия, литье под давлением, специальные методы). процессов формования изделий из нанонаполненных термореактивных полимерных материалов (прессование, литье под давлением, профильное формование).

Полимерсиликатные нанокомпозиты. Структура и свойства монтмориллонита. Понятия интеркаляции и эксфолиации монтмориллонита. Структура полимерсиликатных нанокомпозитов. Дисперсионнонаполненные, волокнистые и слоистые полимерсиликатные нанокомпозиты. Технология получения полимерсиликатных нанокомпозитов.

Существующие и перспективные области применения полимерных нанокомпозитов. Полимерные нанокомпозиты на основе органоглин. Огнестойкие полимерные нанокомпозиты. Методы повышения огнестойкости. Нанометаллы как антипирены. Композиты на основе нановолокон.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
	Знать:			
1	• основные виды матриц и наполнителей для создания полимерных нанокомпозитов;		+	+
2	• основные свойства различных полимерных матриц и полимерных композиционных материалов;		+	+
3	• основные методы переработки полимерных нанокомпозитов		-	+
	Уметь:			
4	• выбрать полимерный нанокомпозиционный материал для заданной области применения		-	+
5	• выбрать нужный тип матрицы и наполнителя для создания полимерного наноматериала с заданными свойствами		+	-
	Владеть:			
6	– информацией о существующих и перспективных областях применения полимерных нанокомпозитов;		+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
7	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов	+	+
8		ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты	+	+
9		ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов	+	+
10	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	-	+

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	Механические свойства полимерных материалов.	4
2	1	Получение полимерных композиционных материалов.	6
3	1	Основные свойства полимерных композиционных материалов.	8
4	2	Основные методы переработки полимерных нанокompозитов.	6
5	2	Полимерсиликатные нанокompозиты.	4
6	2	Существующие и перспективные области применения полимерных нанокompозитов	6

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки магистров лабораторные занятия не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу дисциплины;
- 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, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовка реферата по указанным темам;
- подготовку к сдаче экзамена по дисциплине.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая оценка за дисциплину складывается из оценки работы в семестре (максимально 60 баллов) и оценки, полученной на экзамене (максимально 40 баллов). Оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (до 40 баллов), подготовку рефератов (научных докладов) (до 20 баллов) по тематике дисциплины, максимальная оценка за работу в семестре – 60 баллов.

При оценке научных докладов оценивается качество докладов (глубина проработки темы, использование современных источников информации, в том числе зарубежных) и качество презентации доклада. Презентация докладов происходит на семинарских занятиях, причем остальные студенты задают вопросы докладчику и участвуют в обсуждении доклада.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Программой дисциплины предусмотрено выполнение двух реферативно-аналитических работ. Максимальная оценка за каждый реферат составляет 20 баллов.

Подготовка и защита реферата

Подготовка и защита реферата включает в себя поиск и детальный анализ двух и более источников научной информации (научной статьи или патента) по получению наноматериалов различными методами (физическими, химическими) и применению наноматериалов. Анализируется актуальность работы, описанной в статье или патенте, перспективность направления, достоинства, недостатки, практическая значимость и возможность внедрения. Максимальная оценка за реферат – 20 баллов. Объем реферата составляет 10-15 страниц.

План реферата по научной статье или патенту.

1. Актуальность
2. Что сделано
3. Достоинства (новые подходы, оригинальные методы, интересные результаты)
4. Недостатки
5. Практическая значимость и возможность внедрения
6. Оценка / Вывод

Для защиты реферата нужно: предоставить оригинал статьи или патента (распечатанный), текст реферата в соответствии с планом, сделать доклад и ответить на вопросы.

Примерная тематика реферативно-аналитической работы:

1. Композиционные материалы на металлической матрице.
2. Композиционные материалы на неметаллической матрице
3. Псевдосплавы. Применение, свойства, примеры.
4. Полимерные композиционные материалы с гибридной матрицей.
5. Керамические нанокompозиты. Свойства, получение, примеры.
6. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы. Применение, свойства, примеры.
7. Керметы и их свойства. Применение, примеры.
8. Волокнистые композиционные материалы.
9. Слоистые композиционные материалы.
10. Нитевидные нанокристаллы. Получение, свойства и применение.
11. Модификаторы нанокompозитов.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка контрольной работы составляет 20 баллов.

Контрольные работы по разделу 1 представляет собой набор из 1 открытого вопроса и из 10 вопросов тестовой части, а по разделу 2 – набор из 15 вопросов тестовой части, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала.

Пример варианта открытого вопроса контрольной работы по разделу 1:

Перечислите методы получения полимерных нанокомпозитов. Более подробно расскажите о любом из методов.

Пример тестовой части контрольной работы по разделу 1:

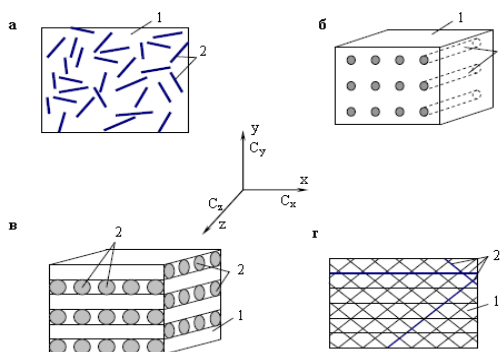
1. Композиционные материалы с несколькими наполнителями называются:

а) полиматричные; б) мультиматричные; в) гибридные; г) полигибридные.

2. К методам получения СКМ относится:

а) прессование; б) прокатка; в) волочение; г) все ответы

3. Где на рисунке изображен волокнистый КМ с продольно-поперечной укладкой?



4. К механизму торможения разрушения ВКМ относится:

а) разрушение границ раздела за счет расслаивания; б) ветвление трещины; в) вытягивание волокон из матрицы; г) разрыв волокон.

5. Отметьте изотропные КМ:

а) волокнистые; б) слоистые; в) дисперсно-упроченные; г) все ответы.

6. Керметы – это композиционные материалы, которые можно отнести к следующему классу:

а) «пластичная матрица – хрупкий наполнитель»; б) «хрупкая матрица – пластичный наполнитель»; в) «хрупкая матрица – хрупкий наполнитель».

7. В каком из примеров на границе раздела формируется механическая связь?

а) Ti – В(волокно); б) Al-W(проволока); в) Y_2O_3 -Cr; г) Al_2O_3 -Cr.

8. Для получения композитного порошка «пластичная матрица – хрупкий наполнитель» ДУКМ методом поверхностного окисления стеарин добавляют для:

а) предотвращения агрегирования; б) защиты от окисления; в) для повышения растворения оксида в металле; г) все варианты правильные.

9. К модификациям диоксида циркония относятся:

а) моноклинная; б) тетрагональная; в) гексагональная; г) кубическая

10. Для чего применяют деформацию полуфабриката при изготовлении КМ «пластичная матрица – хрупкий наполнитель»?

а) увеличение пористости; б) уменьшение пористости; в) для получения листов полуфабриката; г) нет правильного ответа.

Пример тестовой части контрольной работы по разделу 2:

1. Одним из методов получения УУКМ является метод CVI. Что это?

а) газофазный метод, основанный на увеличении пористости при фильтрации отдельных волокон по размерам с последующим их термическим разложением;

б) жидкофазный метод, основанный на уплотнении пористых волокнистых каркасов в процессе фильтрации через них газообразных химических прекурсоров, их разложения и осаждения матричного материала на поверхности нагретых армирующих волокон;

в) газофазный метод, основанный на уплотнении пористых волокнистых каркасов в процессе фильтрации через них газообразных химических прекурсоров, их гомогенного и гетерогенного термохимического разложения и осаждения матричного материала на поверхности нагретых армирующих волокон;

г) жидкофазный метод, основанный на увеличении пористости при фильтрации отдельных волокон по размерам с последующим их термическим разложением.

2. Граница раздела фаз между компонентами называется:

а) профазы; б) интерфазы; в) межфазы; г) нет правильного ответа

3. По химической природе связующего ПКМ делятся на:

а) волокна, нити, жгуты, ткани и т.д.; б) изотропные, анизотропные;

в) органические и неорганические; г) термореактивные и термопластичные.

4. Что не относится к механизму торможения трещин в СКМ?

а) затупление вершины трещины; б) ветвление трещины; в) расслоение композита; г) все ответы правильные.

5. Отметьте анизотропные КМ:

а) волокнистые; б) слоистые; в) дисперсно-упроченные; г) все ответы.

6. Наиболее точно характеризует нанокompозиты:

а) размер наполнителя менее 100 нм; б) размеры прослойки менее 100 нм; в) размеры частиц одной из фаз менее 100 нм; г) размеры частиц хотя бы одной из фаз или размер прослойки между частицами менее 100 нм.

7. К модификациям диоксида циркония относятся:

а) моноклинная; б) тетрагональная; в) гексагональная; г) кубическая

8. Для получения композитного порошка «пластичная матрица – хрупкий наполнитель» ДУКМ методом внутреннего окисления можно взять следующую пару металлов:

а) Ag – матрица, Al – наполнитель; б) Al – матрица, Cu – наполнитель; в) Be – матрица, Ni – наполнитель; г) Cu – матрица, Cr – наполнитель.

9. К методам получения непрерывных волокон не относится:

а) экструзия; б) волочение; в) метод П-Ж-Т (пар-жидкость-твердое); г) пиролиз полимерных волокон.

10. Для чего применяют деформацию полуфабриката при изготовлении КМ «пластичная матрица – хрупкий наполнитель»?

а) увеличение пористости; б) уменьшение пористости; в) для получения листов полуфабриката; г) нет правильного ответа.

11. Полимеризация in-situ это:

а) введение наполнителя в расплавленный полимер; б) смешение дисперсии частиц наполнителя с раствором полимеров с дальнейшим выпариванием растворителя; в) диспергирование наполнителя в мономере, а затем полимеризация, совместно с захваченными наночастицами; г) коагулирование раствора полимера с введенным в него наполнителем путем изменения химического состава

12. СВС – процесс, который происходит:

а) в твердой фазе; б) в жидкой фазе; в) в газовой фазе; г) нет правильного ответа

13. Композиционные материалы, состоящие из двух или более металлоподобных фаз, не взаимодействующих или слабо взаимодействующих между собой это:

а) эвтектические МКМ; б) псевдосплавы; в) гибридные МКМ; г) нет правильного ответа.

14. Процесс получения сверхтонких нитей (нановолокон) и продукции из них под действием электростатических сил называется:

а) экструзия; б) электроплавление; в) электроформование; г) электрополимеризация.

15. Композиционный материал с термореактивной полимерной матрицей характеризуется:

а) Ван-дер-ваальсовыми взаимодействиями между молекулами; б) химическим взаимодействием между молекулами; в) отсутствием взаимодействия между молекулами; г) нет правильного ответа

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Экзамен)

Максимальная оценка – 40 баллов.

1. Гибридные композиционные материалы.
2. Слоистые композиционные материалы.
3. Волокнистые композиционные материалы.
4. Роль полимерных нанокомпозитов. Классификация полимеров.

5. Механические свойства полимеров. Растворы полимеров.
6. Упругие свойства полимеров. Стеклообразное состояние высокомолекулярных соединений. Кристаллизация полимеров.
7. Получение полимерных нанокомпозитов.
8. Виды нанонаполнителей для полимеров.
9. Нанокомпозиты на основе термопластов. Нанокомпозиты на основе реактопластов.
10. Методы введения нанонаполнителей в полимерную матрицу.
11. Нанокомпозиционные наполнители для полимерных матриц.
12. Основные свойства полимерных композиционных материалов.
13. Влияние нанонаполнителей на реологические свойства, теплостойкость и термостойкость полимеров.
14. Основные методы переработки полимерных нанокомпозитов.
15. Процессы формования изделий из нанонаполненных термопластичных полимерных материалов
16. Процессы формования изделий из нанонаполненных термореактивных полимерных материалов.
17. Полимерсиликатные нанокомпозиты. Структура полимерсиликатных нанокомпозитов.
18. Дисперсионнонаполненные, волокнистые и слоистые полимерсиликатные нанокомпозиты.
19. Технология получения полимерсиликатных нанокомпозитов.
20. Существующие и перспективные области применения полимерных нанокомпозитов.

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена

Экзамен по дисциплине «Полимерные нанокомпозиты» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы экзамена оцениваются из максимальной оценки 40 баллов, исходя из максимальной оценки в 20 баллов за вопрос.

Пример экзаменационного билета:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____ (Подпись) _____ (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы» Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
	Полимерные нанокомпозиты
Билет № 1	
1. Углерод-углеродные композиционные материалы.	
2. Типы связи на границе раздела фаз.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Жуков, А. П. Композиционные материалы на полимерной основе [Текст] : учебное пособие / А. П. Жуков, А. А. Абрашов, Т. А. Ваграмян. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 212 с.
2. Композиционные материалы. Классификация, особенности свойств, применение и технология получения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. Н. Субчева. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. - 128 с. : ил. ; 7,44 усл.печ.л. - Библиогр.: с. 126-127.
3. Полимерные нанокompозиты . — Москва : Техносфера, 2011. — 688 с. — ISBN 978-5-94836-203-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73018> (дата обращения: 22.05.2020).

Б. Дополнительная литература

1. Русин, Д. Л. Основы комплексного модифицирования полимерных композитов, перерабатываемых проходным прессованием [Текст] : учебное пособие / Д. Л. Русин. - М. : РХТУ. Издат. центр, 2008. - 221 с.
2. Технология получения композиционных материалов на основе армированных полимеров [Текст] : учебное пособие / Т. П. Кравченко [и др.]. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 79 с.
3. Дисперсно-наполненные полимерные нанокompозиты : монография / Г.В. Козлов, Г.Е. Заиков, О.В. Стоянов, А.М. Кочнев. — Казань : КНИТУ, 2012. — 125 с. — ISBN 978-5-7882-1315-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73253> (дата обращения: 22.05.2020).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
2. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
3. Журнал «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X
4. ACS Nano Print Edition ISSN: 1936-0851, Web Edition ISSN: 1936-086X

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com, www.scopus.com.
2. Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org>
3. Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
4. Ресурсы RCS: <http://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=all>
5. Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 9, (общее число слайдов – более 100);

- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 20);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 20).

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 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 нанокompозиты» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедра библиотека электронных изданий.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы полимерных композиционных наноматериалов	Знает: • основные виды матриц и наполнителей для создания полимерных нанокомпозитов; • основные свойства различных полимерных матриц и полимерных композиционных материалов; • основные методы переработки полимерных нанокомпозитов Умеет: • выбрать полимерный нанокомпозиционный материал для заданной области применения • выбрать нужный тип матрицы и наполнителя для создания полимерного наноматериала с заданными свойствами	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за реферат. Оценка на экзамене.
Раздел 2. Методы переработки, особенности и перспективы полимерных композиционных наноматериалов	Знает: • основные виды матриц и наполнителей для создания полимерных нанокомпозитов; • основные свойства различных полимерных матриц и полимерных композиционных материалов; • основные методы переработки полимерных нанокомпозитов Умеет: • выбрать полимерный нанокомпозиционный материал для заданной области применения • выбрать нужный тип матрицы и наполнителя для создания полимерного наноматериала с заданными свойствами Владеет: • информацией о существующих и перспективных областях применения полимерных нанокомпозитов; областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций;	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за реферат. Оценка на экзамене.

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

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

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

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры 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 нанокомпозиты»
основной образовательной программы**

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Процессы на поверхности раздела фаз»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена проф. кафедры наноматериалов и нанотехнологии, проф., д.х.н.
Королёвой М.Ю.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и
нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина *«Процессы на поверхности раздела фаз»* относится к вариативной части учебного плана, к блоку обязательных дисциплин. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую подготовку в области физической химии, в том числе в области физикохимии наноматериалов.

Цель дисциплины - формирование современных физико-химических представлений о приемах и методах, применяемых при изучении и использовании наноструктурированных систем и систем, содержащих нанообъекты, формирование у студентов комплексного представления о процессах, протекающих на границе раздела фаз в наносистемах.

Задачи дисциплины - формирование представлений о роли типа наноструктур, природы и морфологии наноматериалов на кинетику и квазиравновесие процессов, протекающих на межфазной поверхности; приобретение знаний в области физической и коллоидной химии наносистем, необходимых для синтеза и использования наноматериалов и низкоразмерных структур; формирование научного подхода к изучению свойств наноматериалов и наноструктур.

Дисциплина *«Процессы на поверхности раздела фаз»* 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				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – исследование свойств наносистем и наноматериалов с помощью современных методов анализа; – самостоятельная эксплуатация современного аналитического и синтетического оборудования и приборов в соответствии с	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и

квалификацией.	обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем.			средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – выработка новых теоретических подходов и принципов дизайна наносистем и наноматериалов с заданными свойствами; – разработка новых высокоэффективных методов создания современных наносистем и наноматериалов; – способность к составлению методических документов	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического контроля этапов разработки

при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- теоретические основы кинетики процессов, протекающих на поверхности наночастиц и в системах с наночастицами;
- основные методы получения высокоустойчивых наносистем с высокой удельной межфазной поверхностью;
- закономерности влияния свойств межфазной поверхности на кинетику и квазиравновесие процессов, протекающих в наносистемах.

Уметь:

- анализировать влияние процессов, протекающих на межфазной поверхности в наносистемах, на их устойчивость;
- рассчитывать параметры, влияющие на устойчивость дисперсий наночастиц, и скорости процессов дестабилизации;
- находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи прогнозирования свойств нанообъектов с учетом параметров межфазной поверхности;
- применяя теоретические знания, определять эффективные пути стабилизации наночастиц и наноматериалов.

Владеть:

- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим аспектам процессов, протекающих на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов;
- основными методами стабилизации наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры;
- основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по процессам, протекающим на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	12,5
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,5
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	3,06	110	83
Контактная самостоятельная работа	3,06	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		110	83
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	Раздел дисциплины	Академ. часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1	Термодинамика и кинетика процессов на поверхности наночастиц и в системах с наночастицами	115	2	13	13	2	89
1.1	Введение в термодинамику наносистем. Термодинамические характеристики поверхности. Поверхностная энергия, поверхностное натяжение. Структура поверхностного слоя.	13	-	1	2	-	10
1.2	Термодинамическая и кинетическая устойчивость наносистем. Способы стабилизации наночастиц.	11	-	1	-	-	10
1.3	Адсорбция в наносистемах	16	-	2	2	-	12
1.4	Образование и строение двойного электрического слоя на поверхности наночастиц. Электростатическая стабилизация наночастиц и нанобъектов	14	-	1	1	-	12
1.5	Агрегативная устойчивость наносистем. Классическая теория ДЛФО и современные представления об агрегативной устойчивости.	21	-	2	4	-	15
1.6	Кинетика агрегации наночастиц	14	-	2	2	-	10
1.7	Броуновское движение наночастиц	12	-	2	-	-	10
1.8	Седиментация в системах, содержащих нанобъекты. Седиментационная устойчивость наносистем.	14	2	2	2	2	10
2	Оптические наночастиц, реологические свойства наноматериалов, наноструктурированных систем	29	2	4	4	2	21
2.1	Оптические свойства различных наночастиц и наноматериалов	16	-	2	2	-	12
2.2	Реологические свойства наноматериалов, наноструктурированных систем и систем, содержащих наночастицы.	13	2	2	2	2	9
3.	Экзамен	36					
Всего часов		180	4	17	17	4	110

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Термодинамика и кинетика процессов на поверхности наночастиц и в системах с наночастицами

1.1. Введение в термодинамику наносистем. Термодинамические характеристики поверхности. Поверхностная энергия, поверхностное натяжение. Квазиравновесие в дисперсных системах с наночастицами и наноструктурированных системах. Зависимость поверхностного натяжения от размеров наночастиц. Структура поверхностного слоя.

1.2. Термодинамическая и кинетическая устойчивость наносистем. Самопроизвольное уменьшение поверхностной энергии наносистем. Способы стабилизации наночастиц.

1.3. Адсорбция в наносистемах. Влияние избытка поверхностной энергии на адсорбцию. Повышенная адсорбционная активность наночастиц. Изменение свойств поверхности наночастиц в результате адсорбции.

1.4. Образование и строение двойного электрического слоя на поверхности наночастиц. Особенности структуры двойного электрического слоя с учетом дискретности кристаллической поверхности наночастиц. Расчет толщины двойного электрического слоя при различных ионных силах водной фазы и сопоставление полученных величин с размерами наночастиц. Электростатическая стабилизация наночастиц и нанообъектов.

1.5. Агрегативная устойчивость наносистем. Классическая теория ДЛФО и современные представления об агрегативной устойчивости. Расчет энергии межмолекулярного взаимодействия в зависимости для наночастиц различного размера в зависимости от расстояния между ними. Снижение энергии межмолекулярного взаимодействия с уменьшением размеров наночастиц. Построение кривых парного взаимодействия в зависимости от размеров наночастиц, ионной силы и величины Гамакера.

1.6. Кинетика агрегации наночастиц. Теория Смолуховского. Расчеты изменения концентраций мономеров, димеров и тримеров от времени. Отличия быстрой и медленной агрегации, влияние величины потенциального барьера на скорость агрегации.

Броуновское движение наночастиц. Зависимость броуновского движения от свойств наночастиц и дисперсионной среды.

1.7. Седиментация в системах, содержащих нанообъекты. Седиментационная устойчивость наносистем. Седиментационно-диффузионное равновесие в системах, содержащих наночастицы. Седиментационно-агрегативные профили в системах с наночастицами - способы экспериментального исследования. Определение размеров частиц при седиментации в гравитационном и центробежных полях. Ультрацентрифуги.

Раздел 2. Оптические наночастиц, реологические свойства наноматериалов, наноструктурированных систем

2.1. Оптические свойства различных наночастиц и наноматериалов. Оптические свойства в зависимости от размера наночастиц. Особенности применения законов Ламберта-Бугера-Бера и Релея в дисперсных системах с наночастицами. Оптические методы исследования наночастиц.

2.2. Структурно-механические свойства наноматериалов, наноструктурированных систем и систем, содержащих наночастицы. Свободнодисперсные и связнодисперсные наносистемы. Особенности наноструктурированных дисперсных систем.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетенции		Разделы	
		1	2
Знать:			
Теоретические основы кинетики процессов, протекающих на поверхности наночастиц и в системах с наночастицами		+	+
Основные методы получения высокоустойчивых наносистем с высокой удельной межфазной поверхностью		+	+
Закономерности влияния свойств межфазной поверхности на кинетику и квазиравновесие процессов, протекающих в наносистемах		+	+
Уметь:		+	+
Анализировать влияние процессов, протекающих на межфазной поверхности в наносистемах, на их устойчивость		+	+
Рассчитывать параметры, влияющие на устойчивость дисперсий наночастиц, и скорости процессов дестабилизации		+	+
Находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи прогнозированию свойств нанообъектов с учетом параметров межфазной поверхности		+	+
Применяя теоретические знания, определять эффективные пути стабилизации наночастиц и наноматериалов		+	+
Владеть:			
Методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим аспектам процессов, протекающих на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов		+	+
Основными методами стабилизации наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры		+	+
Основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по процессам, протекающим на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов		+	+
Профессиональные компетенции (ПК) и индикаторы их достижения:		+	+
ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне	+	+
ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов	+	+

получения наноструктурированных материалов	ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты	+	+
	ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Расчеты энергии Гиббса и полной поверхностной энергии наночапель	2
2	Раздел 1	Построение изотерм адсорбции ПАВ по экспериментальным данным, определение величин констант в уравнении Ленгмюра	3
3	Раздел 1	Расчеты электрофоретической подвижности и ζ -потенциала наночастиц	2
4	Раздел 1	Построение кривых парного взаимодействия наночастиц. Анализ влияния размеров наночастиц, ионной силы дисперсионной среды и величины константы Гамакера на высоту и положение экстремумов на кривых парного взаимодействия	2
5	Раздел 1	Расчеты концентрационных профилей при агрегации наночастиц	2
6	Раздел 1	Расчеты седиментационных характеристик наночастиц в гравитационном и центробежном полях	2
7	Раздел 2	Расчеты оптических характеристик дисперсий наночастиц	2
8	Раздел 2	Расчеты седиментационных характеристик наночастиц при сдвиговой нагрузке	2

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки магистров по направлению 28.04.03 предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине «Процессы на поверхности раздела фаз» не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- выполнение расчетной работы по построению кривых парного взаимодействия для конкретного вида наночастиц в зависимости от размера, ионной силы дисперсионной среды и величины константы Гамакера;
- подготовку к контрольным работам по материалу лекционного курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Web of Science и Scopus;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в научных семинарах, проводимых на кафедре наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- 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

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Каждая контрольная работа представляет собой набор тестовых вопросов по двум разделам.

Максимальная оценка за каждую контрольную работу - 20 баллов.

Контрольная работа № 1, Разделы 1 и 2

В контрольной работе содержится 20 вопросов-тестов с 4 вариантами ответов.

За каждый правильный ответ обучающийся получает 1 балл, неправильный ответ - 0 баллов. Максимальная оценка - 20 баллов.

1. При каких размерах и плотности наночастицы оседают в водной суспензии центробежном поле?
2. При каких размерах и плотности наночастицы оседают в водной суспензии в гравитационном поле?
3. При каких условиях наступает седиментационно-диффузионное равновесие в суспензии наночастиц?
4. Уравнением какого порядка может быть описана скорость агрегации наночастиц по Смолуховскому?
5. Может ли на потенциальных кривых взаимодействия двух наночастиц отсутствовать максимум?
6. Как зависит среднее смещение наночастиц при броуновском движении от размера наночастиц?
7. Как зависит среднее смещение наночастиц при броуновском движении от вязкости дисперсионной среды?
8. При каких условиях применим закон Релея?
9. Чем отличается расчет константы скорости быстрой и медленной агрегации наночастиц?
10. Чему равен заряд наночастиц в изoeлектрической точке?

Контрольная работа № 2, Разделы 1 и 2

В контрольной работе содержится 4 задачи. За каждую правильно решенную задачу обучающийся получает 5 баллов. За неправильно решенную задачу - 0 баллов. Максимальная оценка - 20 баллов.

1. Во сколько раз увеличится свободная поверхностная энергия системы при пептизации геля $\text{Fe}(\text{OH})_3$, если при этом радиус частиц геля уменьшится от $1 \cdot 10^{-6}$ до $10 \cdot 10^{-9}$ м?
2. Найдите величину электрокинетического потенциала для суспензии кварца в воде, если при электрофорезе частицы перемещаются к аноду. Смещение границы за

30 мин составило 5 см. Напряженность электрического поля - 1000 В/м. Диэлектрическая проницаемость среды - 81, вязкость среды - $1 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$.

- В каком случае и во сколько раз интенсивность светорассеяния латекса полистирола будет больше: при освещении светом с длиной волны 530 нм или с длиной волны 680 нм?

Расчетная работа № 1, Разделы 1 и 2

Максимальная оценка - 20 баллов.

Обучающийся проводит расчет и построение кривых парного взаимодействия для конкретного вида наночастиц в зависимости от их размера, ионной силы дисперсионной среды и величины константы Гамакера. Проводится определение положения и высоты потенциального барьера, наличия вторичного минимума. Полученные результаты анализируются и делается вывод об устойчивости данных наночастиц.

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Экзамен)

В данном разделе приведены примеры вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

- Термодинамические характеристики поверхности. Поверхностная энергия, поверхностное натяжение. Структура поверхностного слоя.
- Термодинамическая и кинетическая устойчивость наносистем. Способы стабилизации наночастиц.
- Адсорбция в наносистемах.
- Образование и строение двойного электрического слоя на поверхности наночастиц.
- Кинетика агрегации наночастиц.
- Классическая теория ДЛФО и современные представления об агрегативной устойчивости.
- Броуновское движение наночастиц.
- Седиментация в гравитационном и центробежном полях. Седиментационная устойчивость наносистем.
- Оптические свойства наночастиц и наноматериалов.
- Реологические свойства наноматериалов и наноструктурированных систем.

8.3. Структура и пример экзаменационных билетов

Экзамен по дисциплине «Процессы на поверхности раздела фаз» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 1 вопроса по теоретической части курса и 1 задачи, относящихся к разным разделам курса. Вопрос билета предусматривает развернутый ответ обучающегося по обозначенной тематике. Ответы на экзаменационный билет оцениваются из 40 баллов следующим образом: вопрос - 15 баллов, задача - 25 баллов.

Пример экзаменационного билета:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____ (Подпись) _____ (И. О. Фамилия) «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы» Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

	Процессы на поверхности раздела фаз
Экзаменационный билет № 1	
1. Термодинамические характеристики поверхности. Поверхностная энергия, поверхностное натяжение. Структура поверхностного слоя. 2. Рассчитайте и сравните время оседания частиц в гравитационном и центробежном полях при следующих условиях: • радиус частиц - 100 нм, • плотность частиц - 3 г/см³, • дисперсионная среда - вода, • вязкость дисперсионной среды - 10⁻³ Па•с, • высота оседания - 10 см, • начальное расстояние от оси вращения $x_0 = 15$ см, • скорость вращения центрифуги 600 об/с.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности, ИД Интеллект, 2011 г., 568 с. 70 экз.

Б. Дополнительная литература

1. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. Учебно-методический комплекс, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010, Т. 1, 124 с.; Т. 2, 148 с.
2. Рыжонков Д.И., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы. Учебное пособие. Москва : Лаборатория знаний, 2017, 365 с. - 5 экз.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

1. Реферативный журнал «Химия» (РЖХ), ISSN 0486-2325
2. Коллоидный журнал, ISSN 0023-2912
3. Advances in Colloid and Interface Science, ISSN: 0001-8686
4. Journal of Colloid and Interface Science, ISSN: 0021-9797
5. Langmuir, ISSN: 1520-5827
6. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, ISSN: 0927-7757
7. Ресурсы ELSEVIER: <https://www.sciencedirect.com>
8. Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org/>
9. Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
10. Ресурсы RCS: <http://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=all>
11. Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>
12. Сайт кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева <http://nano.muctr.ru/>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для обеспечения освоения дисциплины разработаны следующие средства освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров - 9, (общее число слайдов – более 150; число демонстрационных фильмов – 2);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов - более 60);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 40).

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 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 «Процессы на поверхности раздела фаз» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Иллюстрации к разделам курса; распечатки слайдов презентаций.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; альбомы и рекламные проспекты с основными видами наночастиц и наноматериалов.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Термодинамика и кинетика процессов на поверхности наночастиц и в системах с наночастицами	Знает: • теоретические основы кинетики процессов, протекающих на поверхности наночастиц и в системах с наночастицами; • основные методы получения высокоустойчивых наносистем с высокой удельной межфазной поверхностью; • закономерности влияния свойств межфазной поверхности на кинетику и квазиравновесие процессов, протекающих в наносистемах. Умеет: • анализировать влияние процессов, протекающих на межфазной поверхности в наносистемах, на их устойчивость; • рассчитывать параметры, влияющие на устойчивость дисперсий наночастиц, и скорости процессов дестабилизации; • находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи прогнозированию свойств нанообъектов с учетом параметров межфазной поверхности; • применяя теоретические знания, определять эффективные пути стабилизации наночастиц и наноматериалов. Владеет: – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим аспектам процессов, протекающих на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов; – основными методами стабилизации наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры; – основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по процессам, протекающим на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов.	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за расчетную работу № 1. Оценка на экзамене.
Раздел 2. Оптические наночастиц,	Знает: • теоретические основы кинетики процессов, протекающих на поверхности	Оценка за контрольную работу № 1.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
реологические свойства наноматериалов, наноструктурированных систем	наночастиц и в системах с наночастицами; • основные методы получения высокоустойчивых наносистем с высокой удельной межфазной поверхностью; • закономерности влияния свойств межфазной поверхности на кинетику и квазиравновесие процессов, протекающих в наносистемах. Умеет: • анализировать влияние процессов, протекающих на межфазной поверхности в наносистемах, на их устойчивость; • рассчитывать параметры, влияющие на устойчивость дисперсий наночастиц, и скорости процессов дестабилизации; • находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи прогнозирования свойств нанообъектов с учетом параметров межфазной поверхности; • применяя теоретические знания, определять эффективные пути стабилизации наночастиц и наноматериалов. Владет: – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим аспектам процессов, протекающих на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов; – основными методами стабилизации наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры; – основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по процессам, протекающим на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов.	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка на экзамене.

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

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

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

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

**«Процессы на поверхности раздела фаз»
основной образовательной программы**

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Процессы получения наночастиц и наноматериалов в газовой и твердой
фазах»**

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии Мурадовой А.Г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «*Процессы получения наночастиц и наноматериалов в газовой и твердой фазах*» относится к блоку обязательных дисциплин учебного плана, части, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физических и химических свойств наноматериалов.

Цель дисциплины – приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области теории и практики использования физических и химических методов получения наноматериалов в газовой фазе, в том числе наночастиц, нанонитей и нанотрубок, пленок и покрытий, массивных наноструктурированных и микропористых материалов.

Задачи дисциплины – формирование у обучающихся представлений об основных физических и химических методах получения наноматериалов в газовой фазе, знаний о методологии выбора способов получения для создания наноматериалов требуемой структуры, а также основных технологических параметрах используемых процессов.

Дисциплина «*Процессы получения наночастиц и наноматериалов в газовой и твердой фазах*» преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – выработка новых теоретических подходов и принципов дизайна наносистем и наноматериалов с заданными свойствами; – разработка новых высокоэффективных методов создания современных наносистем и наноматериалов; – способность к составлению методических документов при	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического

проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; – участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			контроля этапов разработки наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и	ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта,

смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок, – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные) агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.	применению наносистем и наноматериалов	наносистем и наноматериалов	проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4»

				марта 2014 г. № 121н. D Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок; – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ;	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.	ПК-4 Способен к анализу и обобщению результатов научно-исследовательских работ, поиску и анализу научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке публикаций в отечественных и зарубежных изданиях	ПК-4.2 Умеет разрабатывать программы выполнения научных исследований, обрабатывать и анализировать их результаты	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического контроля этапов разработки

участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.				наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. D Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- физико-химические основы методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;
- основные физические и химические методы получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе и перспективы их применения;
- основные технологические операции и оборудование для получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;
- требования к качеству сырья и получаемых продуктов для различных методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.

Уметь:

- выбирать необходимый метод синтеза наночастиц и получения наноматериалов в газовой фазе с учетом требований к качеству продукта и экономических показателей;
- оптимизировать параметры выбранного метода синтеза под конкретные цели и задачи.

Владеть:

- навыками использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;
- навыками анализа научно-технической литературы в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.

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:	1,89	68	51
в том числе в форме практической подготовки	0,47	17	13
Лекции	0,94	34	25
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	13
Лабораторные работы (ЛР)	0,47	17	13
в том числе в форме практической подготовки	0,47	17	13
Самостоятельная работа	2,11	76	57
Контактная самостоятельная работа	2,11	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,7
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1	Раздел 1. Физические методы получения наноматериалов	38	6	12	-	6	6	20
1.1	Введение	4	-	2	-	-	-	2
1.2	Физические методы получения наночастиц	10	-	4	-	-	-	6
1.3	Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов	13	3	4	-	3	3	6
1.4	Физические методы получения пленок и покрытий	11	3	2	-	3	3	6
2	Раздел 2. Химические методы получения наноматериалов в газовой фазе	59	6	12	17	6	6	24
2.1	Химические методы получения наночастиц в газовой фазе	8	-	2	3	-	-	3
2.2	Типы прекурсоров, требования к прекурсоров и их синтез	8	-	2	2	-	-	4
2.3	Химические транспортные реакции	14	2	3	4	2	2	5
2.4	Методы получения (нанесения) пленок и покрытий.	14	2	2	4	2	2	6
2.5	Получение углеродных наноструктур посредством CVD метода. Сенсорные материалы	15	2	3	4	2	2	6
3	Раздел 3. Комбинированные и иные методы получения наноматериалов	35	5	10	-	5	5	20
3.1	Методы получения микропористых материалов	14	2	4	-	2	2	8
3.2	Комбинированные методы	14	3	3	-	3	3	8

3.3	Нанотехнология	7	-	3	-	-	-	4
	Подготовка к зачету с оценкой	12	-	-	-	-	-	12
	Всего часов	144	17	34	17	17	17	76

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Физические методы получения наноматериалов

1.1. Введение. Классификация методов получения наночастиц и наноматериалов. Физические, химические, биологические и комбинированные методы. Особенности получения нуль- одно-, дву- и трехмерных наноматериалов.

1.2. Физические методы получения наночастиц. Возгонка-десублимация. Лазерная абляция. Диспергирование в электродуговом разряде. Механическое, ультразвуковое и детонационное измельчение. Метод взрывающихся проволок. Электроискровая эрозия. Плазменная сфероидизация частиц. Криогенные методы.

1.3. Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов. Интенсивная пластическая деформация. Направленная кристаллизация аморфных сплавов и стекол. Прессование и спекание (разновидности спекания).

1.4. Физические методы получения пленок и покрытий. Капельный метод, метод спинингования. Метод погружения. Напыление (термическое, электронно-лучевое, магнетронное). Понятие об эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Литография и нанолитография.

Раздел 2. Химические методы получения наноматериалов в газовой фазе

2.1. Типы прекурсоров, требования к прекурсорам и их синтез. Понятие прекурсора, возможные преимущества, требования к прекурсорам. Основные принципы – стадии подхода к выбору и дизайну прекурсоров – МОС с молекулярным строением. Типы прекурсоров, примеры реакций синтеза. Методы оценки стерических затруднений и межмолекулярных контактов. Сравнительная оценка экранирующей способности основных типов лигандов. Парообразование бета-дикетонатов металлов. Лантаноиды. Особенности парообразования алкоксидов. Особенности парообразования циклопентадиенильных координационных соединений – прекурсоров. Галогениды, гидриды. Примеры использования для синтеза наноматериалов.

2.2. Химические транспортные реакции. Экспериментальные и теоретические основы метода. Процессы, определяющие скорость транспорта. Примеры транспортируемых веществ. Разделение и очистка веществ посредством транспортных реакций.

2.3. Методы химического осаждения наноматериалов из газовой фазы, их разновидности. Стадии CVD процесса. Определение, схема процесса, основные параметры. Влияние газовой фазы на протекание процесса. Преимущества и недостатки метода. Классификация методов CVD. Функциональные элементы CVD установок. Область применения метода CVD. Получение наноматериалов при лазерном испарении атомов (абляции). Получение наночастиц путем термического разложения твердого вещества.

2.4. Методы получения (нанесения) пленок и покрытий. Классификация методов нанесения неорганических покрытий. Холодное газодинамическое напыление. Электродуговая металлизация. Газопламенное напыление. Плазменное напыление. Детонационное напыление. Вакуумно – конденсационное напыление. Функциональные схемы процессов, основные параметры, достоинства и недостатки.

2.5. Получение углеродных наноструктур посредством CVD метода. Сенсорные материалы. Синтез фуллеренов на установках Смолли (схема и принцип действия). Установки Кречмера и Вудла для синтеза фуллеренов. Области применения

фуллеренов. Синтез углеродных нанотрубок (схема установки и принцип действия). Области применения углеродных наноструктур. Морфология и свойства сенсорных материалов.

Раздел 3. Комбинированные и иные методы получения наноматериалов

3.1. Методы получения микропористых материалов. «Ядерные» трековые мембраны. Мембраны из оксидов алюминия, титана и циркония, получаемые электрохимическим окислением. Материалы с высокой удельной поверхностью: цеолиты, молекулярные сита, активированные угли.

3.2. Комбинированные методы. Механохимические реакции и их разновидности. Возгонка металлов в среде активных газов. Химические активаторы спекания.

3.3. Нанотехнология. Проблемы и достижения нанотехнологии в создании материалов, приборов, устройств и машин на современном этапе.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	Знать:				
1	– физико-химические основы методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;	+	+	-	
2	– основные физические и химические методы получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе и перспективы их применения;	+	+	+	
3	– основные технологические операции и оборудование для получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;	+	+	+	
4	– требования к качеству сырья и получаемых продуктов для различных методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.	+	+	+	
	Уметь:				
5	– выбирать необходимый метод синтеза наночастиц и получения наноматериалов в газовой фазе с учетом требований к качеству продукта и экономических показателей;	+	+	+	
6	– оптимизировать параметры выбранного метода синтеза под конкретные цели и задачи.	+	+	+	
	Владеть:				
7	– навыками использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;	-	+	-	
8	– навыками анализа научно-технической литературы в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.	+	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
9	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов	+	+	+
10		ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты	+	+	+

11		ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов	+	+	+
12	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	+	+	+
13	ПК-4 Способен к анализу и обобщению результатов научно-исследовательских работ, поиску и анализу научной и технической информации в области нанотехнологии и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке публикаций в отечественных и зарубежных изданиях	ПК-4.2 Умеет разрабатывать программы выполнения научных исследований, обрабатывать и анализировать их результаты	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	2.1	Типы прекурсоров, требования к прекурсорам, синтез прекурсоров	3
2	2.2	Химические транспортные реакции	2
3	2.3	Методы химические осаждения наноматериалов из газовой фазы, их разновидности	4
4	2.4	Методы получения (нанесения) пленок и покрытий	4
5	2.5	Получение углеродных наноструктур посредством CVD метода. Сенсорные материалы	4

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине **«Процессы получения наночастиц и наноматериалов в газовой и твердой фазах»**, а также дает знания в области химического синтеза наноструктурированных покрытий, пленок в газовой фазе.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 15 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	1.3	Получение массивных наноструктурированных материалов	3
2	1.4	Получение пленок и покрытий физическим методом	3
3	2.3	Химические транспортные реакции	2
4	2.4	Формирование наноструктурированного пленочного покрытия для полупроводниковых сенсоров	2
5	2.5	CVD-метод получения углеродных наноструктур для сенсорных материалов	2
6	3.1	Получение микропористых материалов	2
7	3.2	Механохимические реакции	3

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины **«Процессы получения наночастиц и наноматериалов в газовой и твердой фазах»** предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 76 ч в 3 семестре (2,11 зач. ед.). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу курса;
- подготовку к лабораторным занятиям;
- 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, семинаров и конференций;

- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачета 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 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

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Программой дисциплины предусмотрено выполнение двух реферативно-аналитических работ. Максимальная оценка за каждый реферат составляет 15 баллов.

Подготовка и защита реферата

Подготовка и защита реферата включает в себя поиск и детальный анализ двух и более источников научной информации (научной статьи или патента) по получения наноматериалов различными методами (физическими, химическими) и применению наноматериалов. Анализируется актуальность работы, описанной в статье или патенте, перспективность направления, достоинства, недостатки, практическая значимость и возможность внедрения. Максимальная оценка за реферат – 15 баллов. Объем реферата составляет 10-15 страниц.

План реферата по научной статье или патенту.

1. Актуальность
2. Что сделано
3. Достоинства (новые подходы, оригинальные методы, интересные результаты)
4. Недостатки
5. Практическая значимость и возможность внедрения
6. Оценка / Вывод

Для защиты реферата нужно: предоставить оригинал статьи или патента (распечатанный), текст реферата в соответствии с планом, сделать доклад и ответить на вопросы.

Примерная тематика реферативно-аналитической работы:

1. Методы получения упорядоченных наноструктур: молекулярно-лучевая эпитаксия
2. Дисплеи на квантовых точках
3. Перовскитные квантовые точки: синтез, свойства, применение
4. Литография и контактная фотолитография.
5. Литография высокого разрешения в технологии полупроводников
6. Диффузия в твердых телах
7. Диффузионные процессы и их использование в технологиях
8. Объемные наноструктурные материалы и методы их получения
9. Углеродные нанотрубки. Их получение и свойства.
10. Получение нитридных нанопокрытий или нанонитей
11. Химические транспортные реакции и их классификация
12. Понятие прекурсора, возможные преимущества, требования к прекурсорам
13. Химия металлоорганических соединений
14. Общая характеристика метода химического осаждения из газовой фазы (Определение, схема процесса, основные параметры)
15. Метод получения тонких пленок, осаждение на подложку
16. Метод матричного твердотельного синтеза

17. Синтез графена и углеродных нанотрубок методом газофазного осаждения
18. Электрохимические методы получения наноматериалов
19. Методы оценки стерических затруднений и межмолекулярных контактов
20. Механизмы роста вискеро́в из газовой фазы. Примеры синтеза вискеро́в металлов, оксидов металлов
21. Получение наноматериалов методом лазерного испарения
22. Сенсорные полупроводниковые материалы и пути их синтеза

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 3 семестра составляет по 10 баллов за каждую. Максимальная оценка контрольных работ составляет 30 баллов. Контрольные работы пишутся в форме развернутого ответа на вопросы.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за каждый вопрос.

1. Классификация методов нанесения неорганических покрытий.
2. Электродуговая металлизация функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за каждый вопрос.

1. Стадии CVD процесса. Влияние газовой фазы на протекание процесса.
2. Химические транспортные реакции. Принцип метода. Примеры.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка 15 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за каждый вопрос.

1. Механохимические реакции и их разновидности.
2. Проблемы и достижения нанотехнологии в создании материалов, приборов, устройств и машин на современном этапе.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр -зачет с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов. Экзаменационный билет содержит 2 вопроса.

1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр -зачет с оценкой).

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов

1. Понятие прекурсора, возможные преимущества, требования к прекурсорам.
2. Основные принципы – стадии подхода к выбору и дизайну прекурсоров – МОС с молекулярным строением.
3. Типы прекурсоров, примеры реакций синтеза наноматериалов. Пути синтеза прекурсоров с заданной – равной летучестью.
4. Методы оценки стерических затруднений и межмолекулярных контактов

5. Сравнительная оценка экранирующей способности основных типов лигандов.
 6. Парообразование бета-дикетонатов металлов. Лантаноиды. Примеры использования для синтеза наноматериалов.
 7. Особенности парообразования алкоксидов. Примеры использования для синтеза наноматериалов.
 8. Особенности парообразования циклопентадиенильных координационных соединений – прекурсоров. Примеры использования для синтеза наноматериалов.
 9. Галогениды, гидриды. Примеры использования для синтеза наноматериалов.
 10. Химические транспортные реакции. Принцип метода. Примеры
 11. Общая характеристика метода химического осаждения из газовой фазы (Определение, схема процесса, основные параметры)
 12. Стадии CVD процесса. Влияние газовой фазы на протекание процесса.
 13. Преимущества и недостатки метода. Классификация методов CVD.
 14. Функциональные элементы CVD установок. Область применения метода CVD. CVD реактор для непрерывного синтеза многослойных материалов.
 15. Классификация методов нанесения неорганических покрытий
 16. Холодное газодинамическое напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
 17. Электродуговая металлизация функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
 18. Газопламенное напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
 19. Плазменное напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
 20. Детонационное напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
 21. Вакуумно–конденсационное напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
 22. Получение наноматериалов при лазерном испарении атомов (абляции)
 23. Получение наночастиц путем термического разложения твердого вещества
 24. Синтез фуллеренов на установках Смолли (схема и принцип действия). Установки Кречмера и Вудла для синтеза фуллеренов. Области применения фуллеренов.
 25. Синтез углеродных нанотрубок (схема установки и принцип действия). Области применения углеродных наноструктур.
 26. Морфология и свойства сенсорных наноматериалов.
 27. Свойства карбида кремния, особенности строения. Синтез карбида кремния.
 28. Методы получения микропористых материалов.
 29. Механическое, ультразвуковое и детонационное измельчение.
 30. Напыление (термическое, электронно-лучевое, магнетронное). Понятие об эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
 31. Проблемы и достижения нанотехнологии в создании материалов, приборов, устройств и машин на современном этапе.
- Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

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

Зачет с оценкой по дисциплине «*Процессы получения наночастиц и наноматериалов в газовой и твердой фазах*» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для *зачета с оценкой* состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы

зачета с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 20 баллов, второй – 20 баллов.

Пример билета для **зачета с оценкой**:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы» Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов» Квалификация «магистр»
	<i>Процессы получения наночастиц и наноматериалов в газовой и твердой фазах</i>
Билет № 1	
1. Понятие прекурсора, возможные преимущества, требования к прекурсорам. 2. Напыление (термическое, электронно-лучевое, магнетронное). Понятие об эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева – 2010, т.1 - 124 с., т.2 – 148 с.
2. Юртов Е.В., Королева М.Ю. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева - 2010, - 152 с.
3. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности, ИД Интеллект, 2011 г., 568 с.

Б. Дополнительная литература

1. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы [Текст]: учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. - 2-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 365 с.
2. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологий [Текст]: учебное пособие / В. В. Старостин. - 2-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 431 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

1. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
2. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
3. Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172
4. Журнал «Химическая технология», ISSN 1684-5811
5. Журнал «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X
6. Журнал «Успехи в химии и химической технологии», ISSN 1506-2017
7. Журнал «Chemical Vapor Deposition», ISSN: 1521-3862
8. ACS Nano Print Edition ISSN: 1936-0851, Web Edition ISSN: 1936-086X
9. Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com, www.scopus.com.
10. Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org>
11. Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
12. Ресурсы RCS: <http://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=all>
13. Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25).

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 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 «Процессы получения наночастиц и наноматериалов в газовой и твердой фазах» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Перечень оборудования: вытяжные шкафы, химическая посуда, реактивы, общелабораторное оборудование (весы аналитические, сушильные шкафы, вакуум-сушильные шкафы, колбонагреватели, ротационные испарители, термостаты, печи муфельные, центрифуги, магнитные мешалки, ультразвуковые гомогенизаторы, рН-метры, кондуктометры) и специализированное оборудование для разработки, синтеза и исследования свойств наноматериалов и наноструктурированных систем, в том числе планетарная микромельница, спектрофотометр в УФ и видимой области, синхронный термический анализатор, анализатор размера и дзета-потенциала частиц, анализатор стабильности дисперсных систем, ротационный вискозиметр (реометр).

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Физические методы получения наноматериалов	Знает: – физико-химические основы методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе; – основные физические и химические методы получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе и перспективы их применения; – основные технологические операции и оборудование для получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе; – требования к качеству сырья и получаемых продуктов для различных методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе; Умеет: – выбирать необходимый метод синтеза наночастиц и получения наноматериалов в газовой фазе с учетом требований к качеству продукта и экономических показателей; – оптимизировать параметры выбранного метода синтеза под конкретные цели и задачи; Владеет: – навыками анализа научно-технической литературы в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за лабораторную работу №1, №2
Раздел 2. Химические методы получения наноматериалов	Знает: – физико-химические основы методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе; – основные физические и химические методы получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе и перспективы их применения; – основные технологические операции и оборудование для получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе; – требования к качеству сырья и получаемых продуктов для различных методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе; Умеет: – выбирать необходимый метод синтеза	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за лабораторную работу №3, №4, №5

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	наночастиц и получения наноматериалов в газовой фазе с учетом требований к качеству продукта и экономических показателей; – оптимизировать параметры выбранного метода синтеза под конкретные цели и задачи; Владеет: – навыками использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе; – навыками анализа научно-технической литературы в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.	
Раздел 3. Комбинированные и иные методы получения наноматериалов	Знает: – основные физические и химические методы получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе и перспективы их применения; – основные технологические операции и оборудование для получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе; – требования к качеству сырья и получаемых продуктов для различных методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе; Умеет: – выбирать необходимый метод синтеза наночастиц и получения наноматериалов в газовой фазе с учетом требований к качеству продукта и экономических показателей; – оптимизировать параметры выбранного метода синтеза под конкретные цели и задачи; Владеет: – навыками анализа научно-технической литературы в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.	Оценка за контрольную работу № 3. Оценка за лабораторную работу №6, №7 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 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 оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Процессы получения наночастиц и наноматериалов в газовой и твердой фазах»
основной образовательной программы

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Синтез наночастиц»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена проф. кафедры наноматериалов и нанотехнологии, проф., д.х.н.
Королёвой М.Ю.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и
нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «**Синтез наночастиц**» относится к блоку обязательных дисциплин части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области синтеза материалов различной природы, в том числе в области физикохимии наноматериалов.

Цель дисциплины - приобретение обучающимися знаний и компетенций в области синтеза наночастиц и наноматериалов жидкофазными методами.

Задачи дисциплины - формирование у обучающихся системных глубоких знаний в области химических, физических и биологических методов синтеза наночастиц и наноматериалов, понимания общих закономерностей получения таких материалов; выработка на этой основе системного подхода к постановке, выполнению научных исследований в указанной области, способности анализировать и критически оценивать получаемые результаты, предлагать пути решения поставленных задач и находить среди них оптимальный.

Дисциплина «**Синтез наночастиц**» 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
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – выработка новых теоретических подходов и принципов дизайна наносистем и наноматериалов с заданными свойствами; – разработка новых высокоэффективных методов создания современных наносистем и наноматериалов; – способность к составлению методических документов	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для обработки	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического контроля этапов разработки наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок

при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок, – составление	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные) агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – компьютерное программное обеспечение для	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства

аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. Д Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые,	ПК-4 Способен к анализу и обобщению результатов научно-исследовательских работ, поиску и анализу научной и технической информации в области	ПК-4.2 Умеет разрабатывать программы выполнения научных исследований, обрабатывать и анализировать их результаты	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006

фундаментальных исследований и технологических разработок; – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	смешанного типа (гели, суспензии и пр.); – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.	нанотехнологии и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке публикаций в отечественных и зарубежных изданиях	Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического контроля этапов разработки наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. Д Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- классификацию наночастиц и наноматериалов, основанную на мерности объектов, способах получения, свойствах среды проведения синтеза;
- теоретические основы процессов кристаллизации в жидких средах, основные факторы, влияющие на образование зародышей кристаллизации и скорость роста наночастиц;
- закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах и на границе раздела фаз;
- закономерности совокупности условий проведения синтеза и особенностей химических, физических и биологических процессов, приводящих к получению наночастиц и наноматериалов;
- алгоритмы прогнозирования дисперсности и структуры наночастиц и наноматериалов.

Уметь:

- формулировать требования к материалам и определять эффективные пути синтеза наночастиц и наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения;
- находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи по созданию наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава;
- применять теоретические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.

Владеть:

- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов;
- основными методами синтеза наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры;
- основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по синтезу наночастиц и наноматериалов жидкофазными методами;
- способностью и готовностью к разработке новых методов синтеза наночастиц и наноматериалов и их применению в самостоятельной научно-исследовательской 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
в том числе в форме практической подготовки	0,47	17	13
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	13
Лабораторные работы (ЛР)	0,47	17	13
в том числе в форме практической подготовки	0,47	17	13
Самостоятельная работа	2,59	93	70
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,7
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	Сам. работа
1	Основы процесса кристаллизации в жидких средах	10	-	1	-	-	1	8
1.1	Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование	5	-	0,5	-	-	0,5	4
1.2	Основные теории роста кристаллов	5	-	0,5	-	-	0,5	4
2	Синтез наночастиц методами осаждения	52	11	6	11	11	6	29
2.1	Синтез наночастиц благородных металлов	20	6	2	6	6	2	10
2.2	Синтез полупроводниковых наночастиц	15	5	1	5	5	1	8
2.3	Синтез магнитных наночастиц	7	-	1	-	-	1	5
2.4	Синтез наночастиц со структурой ядро-оболочка, многослойных структур	10	-	2	-	-	2	6
3	Аппаратные методы синтеза наночастиц	82	6	10	6	6	10	56

	и наноматериалов							
3.1	Золь-гель метод получения наночастиц, пористых материалов, аэрогелей	12	-	2	-	-	2	8
3.2	Синтез наночастиц и наноматериалов в сверхкритических жидкостях	12	-	2	-	-	2	8
3.3	Синтез наночастиц при воздействии излучений: микроволнового, ультразвукового, УФ, рентгеновского, радиоактивного	8	-	1	-	-	1	6
3.4	Синтез наночастиц в пламени и криохимические методы синтеза	8	-	1	-	-	1	6
3.5	Электрохимические методы получения наноматериалов	8	-	1	-	-	1	6
3.6	Матричный синтез наночастиц и наноматериалов	18	6	1	6	6	1	10
3.7	Биологические методы синтеза наночастиц и наноматериалов	8	-	1	-	-	1	6
3.8	Получение наноматериалов при самоорганизации наночастиц. Биомиметические наноматериалы.	8	-	1	-	-	1	6
	Всего часов	144	17	17	17	17	17	93

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основы процесса кристаллизации в жидких средах

1.1. Введение. Варианты классификации методов получения наночастиц и наноматериалов. Физические, химические, биологические и комбинированные методы. Особенности получения нуль- одно-, дву- и трехмерных наноматериалов.

1.2. Стадии процесса кристаллизации - образование центров нуклеации, рост наночастиц. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Критический зародыш.

1.3. Основные теории роста кристаллов. Влияние различных параметров системы на скорость зародышеобразования и кинетику роста нанокристаллов. Способы замедления роста для синтеза наночастиц контролируемого размера.

1.5. Роль процессов Оствальдова созревания и агрегации нанокристаллов в процессах синтеза наночастиц в жидких средах. Стабилизация наночастиц в растворах - электростатическая, адсорбционная, хемосорбционная, стерическая.

1.5. Кристаллизация при пересыщении и переохлаждении. Способы кристаллизации.

Раздел 2. Синтез наночастиц методами осаждения

2.1. Основные химические реакции, приводящие к синтезу наночастиц в жидких средах и их контролируемому выделению из растворов.

2.2. Получение наночастиц золота - метод Туркевича и метод Браста. Синтез наночастиц серебра, платины, палладия и других благородных металлов. Получение наночастиц несферической формы. Синтез наностержней металлов - роль зародышей кристаллизации и добавок ПАВ. Механизм роста наностержней металлов в жидких средах. Особенности синтеза наночастиц металлов в форме кубов, призм, двадцати-гранников и др.

2.3. Синтез магнитных наночастиц в полярных и неполярных средах. Стабилизация наночастиц и получение магнитных жидкостей.

2.4. Основные способы синтеза полупроводниковых наночастиц - контролируемого осаждения, построения кластеров, молекулярных прекурсоров. Основные факторы, влияющие на размер синтезируемых наночастиц полупроводников. Кинетический контроль роста наночастиц полупроводников. Синтез анизотропных наночастиц полупроводников - наностержней, разветвленных структур.

2.5. Применение методов осаждения для синтеза наночастиц, состоящих из сплава металлов, со структурой ядро-оболочка, многослойных структур. Синтез наночастиц оксида кремния и нанокомпозитов - многослойных структур, состоящих из металлов, магнитных материалов или полупроводников и оксида кремния.

Раздел 3. Аппаратные методы синтеза наночастиц и наноматериалов

3.1. Золь-гель метод

Основные стадии процесса. Особенности гидролиза и поликонденсации в щелочной и кислой среде. Гелеобразование и синерезис. Удаление растворителя - образование ксерогелей и аэрогелей. Влияние состава реакционной среды и условий протекания процесса на морфологию синтезируемого наноматериала. Получение золь-гель методом наноматериалов на основе оксидов кремния и титана. Синтез золь-гель методом нанокомпозитов типа "неорганика-неорганика" и "органика-неорганика".

3.2. Синтез наночастиц в сверхкритических жидкостях

Классификация методов синтеза наночастиц и наноматериалов в сверхкритических жидкостях. Роль сверхкритической жидкости при синтезе - растворитель, соразтворитель, анти-растворитель, растворенное вещество, реакционная среда. Схемы основных методов. Использование сверхкритической воды и диоксида углерода для получения наночастиц. Варианты гидро- и сольвотермального синтеза - получение наночастиц при протекании физических и химических процессов. Основные параметры, влияющие на морфологию синтезируемых наноматериалов. Периодический и непрерывный способы организации гидро- и сольвотермального синтеза. Виды автоклавов, используемых для синтеза наночастиц.

Гидро- и сольвотермальный синтез наночастиц металлов, оксидов металлов, полупроводников.

Гидротермальный синтез наночастиц цеолитов и цеолитов с нанопористой структурой.

3.3. Синтез наночастиц при физическом воздействии на реакционную среду

Особенности синтеза наночастиц при микроволновом нагреве. Гидротермальный синтез с микроволновым нагревом.

Синтез наночастиц при воздействии ультрафиолетового, рентгеновского и радиоактивного излучения.

Механизм синтеза наночастиц при действии различных видов излучения.

Ультразвуковое воздействие. Синтез наночастиц с аморфной и нанокристаллической структурой.

3.4. Образование наночастиц при распылении растворов в пламени (мокрое сжигание)

Выпаривание и пиролиз аэрозоля. Влияние состава исходного раствора и технологических параметров процесса на размер и морфологию синтезируемых наночастиц. Способы распыления жидкости. Агломерация наночастиц и получение нанопористых материалов.

3.5. Криохимический метод синтеза наночастиц

Основные стадии процесса. Способы замораживания и удаления растворителя. Используемые хладагенты.

3.6. Электрохимический метод получения наноматериалов

Катодные и анодные процессы, приводящие к синтезу наноматериалов. Получение наноструктурированных покрытий. Электроосаждение наночастиц. Формирование композитных покрытий, состоящих из металла и осажденных наночастиц. Образование нанопористых материалов. Синтез нановолокон в пористых материалах.

3.7. Матричный (темплатный) синтез наночастиц и наноматериалов

Синтез наночастиц в сферических и несферических мицеллах, микроэмульсиях. Основные факторы, влияющие на размер и форму, синтезируемых наночастиц. Синтез наночастиц в микроэмульсиях в сверхкритическом оксиде углерода.

Использование гексагональных и кубических жидкокристаллических фазах в качестве матрицы для синтеза наноматериалов.

Получение мезопористых силикатов.

Синтез нанокомпозитов наночастица-дендимер. Особенности строения дендимеров и способов формирования нанокомпозитов в зависимости от уровня генерации дендимера.

3.8. Биологические методы синтеза наночастиц

Внутриклеточный синтез наночастиц. Магнетобактерии, магнетосомы. Синтез наночастиц с использованием ферритина. Внеклеточный синтез наночастиц, формирование пористых иерархических структур.

3.9. Получение наноматериалов при самоорганизации наночастиц

Самоорганизация под действием капиллярных, гравитационной и центробежной сил, действию электрического и магнитного поля. Матричная самоорганизация. Формирование плоских и объемных структур. Формирование сверхрешеток, упорядоченных ансамблей бинарных наночастиц. Биомиметические наноматериалы.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетенции	Разделы		
	1	2	3
Знать:			
Классификацию наночастиц и наноматериалов, основанную на мерности объектов, способах получения, свойствах среды проведения синтеза	+		
Теоретические основы процессов кристаллизации в жидких средах, основные факторы, влияющие на образование зародышей кристаллизации и скорость роста наночастиц	+		
Закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах и на границе раздела фаз	+	+	+
Закономерности совокупности условий проведения синтеза и особенностей химических, физических и биологических процессов, приводящих к получению наночастиц и наноматериалов	+	+	+
Алгоритмы прогнозирования дисперсности и структуры наночастиц и наноматериалов	+	+	+
Уметь:			
Формулировать требования к материалам и определять эффективные пути синтеза наночастиц и наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения		+	+
Находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи по созданию наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава	+	+	+
Применять теоретические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях	+	+	+
Владеть:			
Методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов	+	+	+
Основными методами синтеза наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры		+	+
Основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по синтезу наночастиц и наноматериалов жидкофазными методами	+	+	+
Способностью и готовностью к разработке новых методов синтеза наночастиц и наноматериалов и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности	+	+	+

Компетенции		Разделы		
		1	2	3
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
Профессиональные компетенции (ПК) и индикаторы их достижения:				
ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов	+	+	+
	ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты	+	+	+
	ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов	+	+	+
ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	+	+	+
ПК-4 Способен к анализу и обобщению результатов научно-исследовательских работ, поиску и анализу научной и технической информации в области нанотехнологии и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке публикаций в отечественных и зарубежных изданиях	ПК-4.2 Умеет разрабатывать программы выполнения научных исследований, обрабатывать и анализировать их результаты	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Расчет размеров и скорости образования критического зародыша; анализ влияния параметров системы на скорость зародышеобразования и кинетику роста нанокристаллов	1
2	Раздел 2	Выбор и обоснование способа синтеза наночастиц благородных металлов	2
3	Раздел 2	Выбор и обоснование способа синтеза полупроводниковых наночастиц	2
4	Раздел 2	Выбор и обоснование способа синтеза магнитных наночастиц	2
5	Раздел 3	Анализ влияния различных параметров на синтез наночастиц и наноматериалов золь-гель методом	2
6	Раздел 3	Анализ влияния различных параметров на морфологию и дисперсность наночастиц и наноматериалов, синтезируемых в сверхкритических условиях	2
7	Раздел 3	Анализ влияния различных параметров на синтез наночастиц криохимическим методом, выбор оптимального способа удаления растворителя	2
8	Раздел 3	Анализ влияния различных параметров на синтез наночастиц электрохимическими методами	2
9	Раздел 3	Анализ влияния различных параметров на матричный наночастиц и наноматериалов, определение параметров и структуры темплата	2

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные работы охватывают 2 раздела дисциплины. В практикум входит 3 работы, примерно по 5-6 ч на каждую работу. В зависимости от трудоемкости включенных в практикум работ их число может быть уменьшено. Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Синтез наночастиц*», а также способствует приобретению навыков применения теоретических знаний в практической работе

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

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	Раздел 2	Получение наночастиц золота методом Туркевича	6
2	Раздел 2	Синтез наночастиц сульфида кадмия в водной среде и их стабилизация неионогенными ПАВ	5
3	Раздел 3	Синтез квантовых точек сульфида кадмия в обратной микроэмульсии	5

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «**Синтез наночастиц**» предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 93 ч во 2 семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- оформление отчетов по проделанным лабораторным работам;
- подготовку к контрольным работам по материалу лекционного курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Web of Science и Scopus;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в научных семинарах, проводимых на кафедре наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в 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

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Первая контрольная работа представляет собой набор тестовых вопросов по первым двум разделам. Вторая контрольная работа содержит вопросы по третьему разделу дисциплины.

Максимальная оценка за контрольную работу № 1 - 20 баллов,
за контрольную работу № 2 - 25 баллов.

Контрольная работа № 1. Разделы 1 и 2

В контрольной работе содержится 20 вопросов-тестов с 4 вариантами ответов.

За каждый правильный ответ обучающийся получает 1 балл, неправильный ответ - 0 баллов.

Максимальная оценка - 20 баллов.

1. Пока зародыш не достиг критического размера, как изменяется ΔG с его ростом?
2. Как дефекты упаковки и примеси при анизотропной кристаллизации влияют на величину потенциального барьера образования центров кристаллизации?
3. Как изменяется скорость образования центров кристаллизации при увеличении температуры?
4. Что используется в методе Туркевича в качестве прекурсора золота?
5. Что используется в качестве восстановителя в метода Брасте для синтеза наночастиц золота?

6. Какое соединение используется в качестве молекулярного прекурсора Cd при синтезе полупроводниковых наночастиц по методу молекулярных прекурсоров?
7. Необходимо ли присутствие ПАВ при синтезе полупроводниковых наночастиц по методу молекулярных прекурсоров?
8. При каких концентрациях образуются анизотропные формы при синтезе полупроводниковых наночастиц по методу молекулярных прекурсоров?
9. В какой среде образуются более мелкие магнитные наночастицы?
10. Надо ли проводить функционализацию поверхности частиц SiO_2 , чтобы получить оболочку из золота?

Контрольная работа № 2. Раздел 3

В контрольной работе содержится 25 вопросов-тестов с 4 вариантами ответов.

За каждый правильный ответ обучающийся получает 1 балл, неправильный ответ - 0 баллов.

Максимальная оценка - 25 баллов.

1. В какой сверхкритической среде наиболее часто синтезируют наночастицы?
2. Какая должна быть температура при синтезе наночастиц пиролизом "солевого аэрозоля"?
3. С какой целью при криохимическом синтезе наночастиц проводят криоэкстрагирование?
4. С какой целью при криохимическом синтезе наночастиц проводят криоосаждение?
5. Как называется материал, образующийся при экстракции растворителя в сверхкритических условиях при синтезе золь-гель методом?
6. Основной недостаток синтеза наночастиц при микроволновом нагреве?
7. С какой целью при синтезе металлических наночастиц при воздействии γ -излучения в реакционную среду добавляют короткоцепочечные спирты?
8. Можно ли методом электроосаждения получать композитное покрытие, содержащее наночастицы?
9. Получают ли мезопористые силикаты при матричном синтезе в структуре, образованной ПАВ?
10. Можно ли получить упорядоченные ансамбли из бинарных смесей наночастиц?

8.2. Оценка лабораторных работ

Сдача лабораторной работы заключается в устном объяснении полученных результатов, их взаимосвязи с размерами синтезированных наночастиц. Максимальная оценка за каждую лабораторную работу - 3 балла.

Затем проводится тест-контроль знаний, полученных при выполнении лабораторных работ. В каждом тесте содержится 6 вопросов. За каждый правильный ответ обучающийся получает 1 балл, неправильный ответ - 0 баллов.

Это является контрольной точкой № 3. Максимальная оценка - 15 баллов.

1. Как называется метод, по которому проводился синтез наночастиц золота проделанной лабораторной работе?
2. Что использовалось в качестве стабилизатора образующихся наночастиц сульфида кадмия?
3. В какой структуре, образованной молекулами ПАВ, можно проводить синтез сферических наночастиц металлов.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

В билетах содержится два вопроса из приведенного ниже списка вопросов. За развернутый ответ на каждый вопрос обучающийся получает до 20 баллов.

Максимальная оценка - 40 баллов.

1. Способы получения наночастиц благородных металлов.
2. Способы получения полупроводниковых наночастиц.
3. Способы получения магнитных наночастиц, виды и способы получения магнитных жидкостей.
4. Синтез наночастиц, состоящих из сплава, и наночастиц со структурой ядро-оболочка. Многослойные наночастицы.
5. Золь-гель метод синтеза наночастиц и наноматериалов.
6. Разновидности гидро- и сольвотермального способов синтеза наночастиц и наноматериалов. Роль критической жидкости.
7. Получение наночастиц и наноматериалов при действии ультрафиолетового и радиоактивного излучения.
8. Синтез наночастиц при ультразвуковом воздействии и микроволновом нагреве.
9. Синтез наночастиц при пиролизе аэрозоля. Пиролиз "солевого аэрозоля".
10. Криохимический метод синтеза наночастиц.
11. Электрохимический метод получения наноматериалов, катодные и анодные процессы.
12. Синтез наночастиц в обратных мицеллах и микроэмульсии.
13. Биологические методы синтеза наночастиц и наноматериалов.
14. Способы самоорганизации наночастиц. Сверхрешетки.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине «Синтез наночастиц» проводится во 2 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3 учебной программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачета с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 20 баллов, второй – 20 баллов.

Пример билета для зачета с оценкой:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы» Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
	Синтез наночастиц
Билет № 1 Формируемые компетенции: ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-4.1, ПК-4.2	

1. Способы получения наночастиц благородных металлов.
2. Криохимический метод синтеза наночастиц.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Юртов Е.В., Королева М.Ю. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2010, 152 с.
2. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010, Т. 1, 124 с., Т. 2, 148 с.

Б. Дополнительная литература

1. Шабанова Н. А., Саркисов П.Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012, 328 с.
2. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы: учебное пособие, 2-е изд., М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 365 с.
3. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие, 2-е изд., М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 431 с.
4. Генералов М.Б. Основные процессы криохимической нанотехнологии. Теория и методы расчета: учебное пособие, СПб.: Профессия, 2010, 348 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

1. Реферативный журнал «Химия» (РЖХ), ISSN 0486-2325
2. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
3. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
4. Журнал «Коллоидный журнал», ISSN 0023-2912
5. Ресурсы ELSEVIER: <https://www.sciencedirect.com>
6. Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org/>
7. Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
8. Ресурсы RCS: <http://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=all>
9. Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>
10. Сайт кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева <http://nano.muctr.ru/>
11. Сайт Роснано <http://www.rusnano.com>
12. Сайт о нанотехнологиях в России <http://www.nanonewsnet.ru>

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 14, (общее число слайдов – более 700; число демонстрационных фильмов – 2);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов - более 60);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 40).

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 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 «*Синтез наночастиц*» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Лаборатория кафедры, оснащенная лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, химической посудой, реактивами, необходимым общелабораторным оборудованием (весы аналитические, сушильные шкафы, колбонагреватели, термостаты, печи муфельные, центрифуги, магнитные мешалки, ультразвуковые гомогенизаторы, рН-метры, кондуктометры) и специализированным оборудованием для разработки, синтеза и исследования свойств наноматериалов и наноструктурированных систем, в том числе спектрофотометр в УФ и видимой области, анализатор размера и дзета-потенциала наночастиц, анализатор стабильности дисперсных систем. Кафедра наноматериалов и нанотехнологии этим оборудованием оснащена.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам курса; распечатки слайдов презентаций.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копирующие аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; альбомы и рекламные проспекты с основными видами наночастиц и наноматериалов.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензий
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензий

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы процесса кристаллизации в жидких средах	Знает: • классификацию наночастиц и наноматериалов, основанную на мерности объектов, способах получения, свойствах среды проведения синтеза; • теоретические основы процессов кристаллизации в жидких средах, основные факторы, влияющие на образование зародышей кристаллизации и скорость роста наночастиц; • закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах и на границе раздела фаз; • закономерности совокупности условий проведения синтеза и особенностей химических, физических и биологических процессов, приводящих к получению наночастиц и наноматериалов; • алгоритмы прогнозирования дисперсности и структуры наночастиц и наноматериалов. Умеет: • находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи по созданию наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава; • применять теоретические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. Владет: • методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов; • основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по синтезу наночастиц и наноматериалов жидкофазными методами; • способностью и готовностью к разработке новых методов синтеза наночастиц и	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка на зачете с оценкой.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	наноматериалов и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности.	
Раздел 2. Синтез наночастиц методами осаждения	Знает: • закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах и на границе раздела фаз; • закономерности совокупности условий проведения синтеза и особенностей химических, физических и биологических процессов, приводящих к получению наночастиц и наноматериалов; • алгоритмы прогнозирования дисперсности и структуры наночастиц и наноматериалов. Умеет: • формулировать требования к материалам и определять эффективные пути синтеза наночастиц и наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; • находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи по созданию наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава; • применять теоретические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. Владеет: • методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов; • основными методами синтеза наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры; • основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по синтезу наночастиц и наноматериалов жидкофазными методами; • способностью и готовностью к разработке	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за контрольную точку № 3. Оценка на зачете с оценкой.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	новых методов синтеза наночастиц и наноматериалов и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности.	
Раздел 3. Аппаратные методы синтеза наночастиц и наноматериалов	Знает: • закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах и на границе раздела фаз; • закономерности совокупности условий проведения синтеза и особенностей химических, физических и биологических процессов, приводящих к получению наночастиц и наноматериалов; • алгоритмы прогнозирования дисперсности и структуры наночастиц и наноматериалов. Умеет: • формулировать требования к материалам и определять эффективные пути синтеза наночастиц и наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; • находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи по созданию наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава; • применять теоретические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. Владеет: • методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов; • основными методами синтеза наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры; • основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по синтезу наночастиц и наноматериалов	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за контрольную точку № 3. Оценка на зачете с оценкой.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	жидкофазными методами; • способностью и готовностью к разработке новых методов синтеза наночастиц и наноматериалов и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности.	

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 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

**«Синтез наночастиц»
основной образовательной программы**

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Супрамолекулярная химия»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена доктором химических наук, профессором кафедры тонкого органического синтеза и химии красителей РХТУ имени Д.И. Менделеева О.А. Федоровой.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Супрамолекулярная химия»** относится к части, определяемой участниками образовательных отношений, блоку обязательных дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области органической химии.

Цель дисциплины – развитие у студентов навыков анализа молекулярно-организованных систем, умения построения ансамблей органических молекул, органо-неорганических комплексов и координационных полимерных структур, исследования процессов высокоспецифичного распознавания, реагирования, катализа. Обеспечить информацией по основным областям применения молекулярно-организованных систем. Научить планировать, организовывать и осуществлять подбор компонентов для получения супрамолекулярных систем с определенным набором функций.

Задачи дисциплины:

- формирование у магистров представлений о научных основах функционирования молекулярно-организованных систем;
- знание основных методов получения основных классов молекулярно-организованных систем;
- систематизация знаний по физико-химическим методам исследования молекулярно-организованных систем;
- рассмотрение основных областей применения супрамолекулярных систем;
- рассмотрение производственных предприятий в России и за рубежом, выпуск продукции которых основан на использовании молекулярно-организованных систем.

Дисциплина **«Супрамолекулярная химия»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – выработка новых теоретических подходов и принципов дизайна наносистем и наноматериалов с заданными свойствами; – разработка новых высокоэффективных методов создания современных наносистем и наноматериалов; – способность к	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и

составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического контроля этапов разработки наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. В Проведение научно-исследовательских и

				опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок, – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные) агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях;	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.1 Знает требования к экспериментальным образцам наноматериалов и наносистем и результатам научно-исследовательских работ по их разработке ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от

проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	– аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			«8» сентября 2015 г. № 604н Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. Д Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные типы органических молекул – базовых элементов построения молекулярно-организованных систем;
- основные принципы построения органических, металлоорганических и биоорганических супрамолекулярных систем;
- методы анализа структуры и свойств супрамолекулярных систем;
- основные типы современных систем, используемых в биохимии;
- основы супрамолекулярного катализа;
- основные типы материалов на основе молекулярно-организованных систем;
- основные типы систем, используемых в органической фотонике и электронике;
- другие области применения молекулярно-организованных систем.

Уметь:

- проводить анализ научно-технической литературы в области современных и перспективных видов молекулярно-организованных систем;
- формулировать требования к материалам и определять эффективные пути создания новых супрамолекулярных систем с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения;
- проводить экспериментальные исследования состава, структуры и свойств молекулярно-организованных систем;
- применять теоретические знания по современным и перспективным видам супрамолекулярным системам для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.

Владеть:

- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам материаловедения на основе молекулярно-организованных систем;
- методологическими подходами, особенностями синтеза и выявления взаимосвязей состава, структуры, свойств и технологии супрамолекулярных систем, обеспечивающими обоснованное принятие решений при разработке новых материалов для различных областей применения;
- методами критического анализа и оценки современных научных достижений, разработки подходов к решению исследовательских и практических задач в области молекулярно-организованных систем;
- способностью и готовностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области химии организованных систем с учетом правил соблюдения авторских прав.

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
Лекции	0,47	17	12,5
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,5
Самостоятельная работа	1,06	38	29
Контактная самостоятельная работа	1,06	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		37,6	28,7
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академических часов			
		Всего	Лекции	Практи- ческие занятия	Самостоя- тельная работа
1	2	3	4	5	6
1	Раздел 1 Введение. Основные понятия.	16	4	4	8
1.1	Введение. Краткая история супрамолекулярной химии. Значимость научно-исследовательских работ в области супрамолекулярной химии для практического применения. Природа нековалентных взаимодействий (координационные связи, диполь-дипольные взаимодействия, силы Ван-дер-Ваальса, стэкинг-взаимодействие, водородные связи). Физико-химические методы исследования супрамолекулярных систем (оптическая спектроскопия, рентгеноструктурный анализ, ЯМР-спектроскопия, масс-спектрометрия, полярография, потенциометрия, кондуктометрия, квантовохимические методы расчета.	8	2	2	4
1.2	Молекулярное распознавание. Комплементарность. Геометрическое, природное, энергетическое соответствие. Эндорецепторы, экзорецепторы. Гибкие, жесткие рецепторы. Монотопные и политопные рецепторы. Природные рецепторы (валиномицин, боверицин, макротетралиды, линейные полиэфирные антибиотики). Рецепторы для анионных субстратов. Связывание нейтральных молекул. Самосборка и самоорганизация органических молекул. Самосборка в присутствии ионов металлов, образование структурных элементов этажерок, лесенок, решеток. Самосборка за счет водородных связей. Многокомпонентная самосборка. Самосборка упорядоченных фаз и кристаллических структур, направляемая образованием водородных связей.	8	2	2	4
2	Раздел 2 Основные типы лигандов и субстратов	16	4	4	8
2.1	Краун-эфиры – первые искусственные молекулы-рецепторы. Номенклатура,	8	2	2	4

	методы синтеза краун-эфиров, криптандов, подандов. Особенности комплексообразования краун-эфиров, криптандов, подандов. Селективность комплексообразования, константы устойчивости, энергия образования комплексов. Катенаны, ротаксаны, Синтез, свойства. Порфирины. Порфириновые молекулы в природе (гем, хлорофилл). Физико-химические характеристики порфирина. Биосинтетические предшественники порфирина. Методы синтеза и модификации порфирина. Комплексы металлопорфиринов с молекулами пиридина, азагетероциклов, алифатических аминов. Применение порфиринов и фталоцианинов в медицине.				
2.2	Каликсарены. Номенклатура. Одностадийный и многостадийный синтезы каликсаренов. Комплексообразование с катионами металлов и аммония, органическими молекулами. Циклодекстрины. Кукурбитурилы. Строение и номенклатура. Химическая модификация. Комплексообразование с неорганическими, органическими молекулами и биомолекулами. Применение циклодекстринов и кукурбиткрилов в промышленности и медицине.	8	2	2	4
3	Раздел 3 Биомиметические системы	8	1	1	6
3.1	Использование супрамолекулярных систем для моделирования биологических процессов. Комплексоны на амины, карбоновые кислоты, аминокислоты. Комплексообразование органических молекул с ДНК, деградация ДНК под действием органических молекул. Процессы переноса и создание ионофоров. Электрон-сопряженный перенос в окислительно-восстановительных условиях, протон-сопряженный перенос при различных значениях кислотности среды, фотосопряженные процессы переноса. Перенос через транспортные каналы. Транспорт аминов и аминокислот через мембраны. Супрамолекулярный катализ. Моделирование биологических реакций. Гидролиз амидов, сложных эфиров, эфиров фосфорных кислот. Циклические углеводородные системы, моделирующие	8	1	1	6

	протеазы, дегидрогеназы. Супрамолекулярные металлокатализаторы.				
4	Раздел 4 Супрамолекулярная фотоника	16	4	4	8
4.1	Супрамолекулярные фотохромные системы. Фотоциклоприсоединение в супрамолекулярных системах, содержащих антрацен. Спиропираны в качестве искусственных биологических рецепторов. Спиропираны в составе белков. Спиропираны в составе полимеров. Краунсодержащие нафтопираны. Краунсодержащие дигетарилэтены.	8	2	2	4
4.2	Фотоиндуцированный перенос электрона в фотоактивных системах. Нелинейные оптические свойства супрамолекулярных ансамблей. Супрамолекулярная электрохимия и супрамолекулярные электронные устройства. Молекулярные провода. Электропереключающие устройства. Фотоиндуцированный перенос энергии в организованных системах. Механизмы переноса энергии, доноры, акцепторы энергии фотона. Методы исследования и регистрации процессов переноса энергии.	8	2	2	4
5	Раздел 5 Супрамолекулярная нанохимия	16	4	4	8
5.1	Молекулярные машины. Принципы конструирования. Виды энергии, используемые при движении машин. Практическое применение молекулярных машин. Супрамолекулярные материалы (полимеры, жидкие кристаллы, кристаллические материалы).	8	2	2	4
5.2	Супрамолекулярная нанохимия, наноматериалы. Получение гибридных материалов. Эффект nanoорганизации на проявляемые характеристики. Практические технологии с использованием наносистем.	8	2	2	4
	ИТОГО:	72	17	17	38

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение. Основные понятия.

Раздел 1.1 Введение. Краткая история супрамолекулярной химии. Значимость научно-исследовательских работ в области супрамолекулярной химии для практического применения.

Природа нековалентных взаимодействий (координационные связи, диполь-дипольные взаимодействия, силы Ван-дер-Ваальса, стэкинг-взаимодействие, водородные связи).

Получение 1D, 2D, 3D- структур. Молекулярная библиотека Р. Стенга и Б. Оленюка. Искусственные мембраны, мембранный транспорт. Моно- и полислои Лэнгмюра-Блоджетт. Визукулы, мицеллы: специфические типы материалов. Супрамолекулярная организация в нуклеиновых кислотах, белках.

Физико-химические методы исследования супрамолекулярных систем (оптическая спектроскопия, рентгеноструктурный анализ, ЯМР-спектроскопия, масс-спектрометрия, полярография, потенциометрия, кондуктометрия, квантовохимические методы расчета.

Раздел 1.2 Молекулярное распознавание. Комплементарность. Геометрическое, природное, энергетическое соответствие. Эндорецепторы, экзорецепторы. Гибкие, жесткие рецепторы. Монотопные и политопные рецепторы. Природные рецепторы (валиномицин, боверицин, макротетралиды, линейные полиэфирные антибиотики). Рецепторы для анионных субстратов. Связывание нейтральных молекул. Комплексы с аммонийными катионами. Дифильный рецептор. Хиральное распознавание. Геликаты. Молекулярные узлы..

Самосборка и самоорганизация органических молекул. Самосборка в присутствии ионов металлов, образование структурных элементов этажерок, лесенок, решеток. Самосборка за счет водородных связей. Многокомпонентная самосборка. Самосборка упорядоченных фаз и кристаллических структур, направляемая образованием водородных связей.

Раздел 2. Основные типы лигандов и субстратов

Раздел 2.1 Краун-эфиры – первые искусственные молекулы-рецепторы. Номенклатура, методы синтеза краун-эфиров, криптандов, подандов. Особенности комплексообразования краун-эфиров, криптандов, подандов. Селективность комплексообразования, константы устойчивости, энергия образования комплексов. Влияние противоиона соли и растворителя на процесс комплексообразования. Реорганизация краун-соединений в процессе комплексообразования. Комплексообразование с анионами и нейтральными молекулами. Применение краун-соединений в химическом синтезе, аналитической и физической химии..

Катенаны и ротаксаны (строение, методы синтеза). Молекулярные узлы, дендримеры.

Порфирины. Физико-химические характеристики порфирина. Комплексы металлопорфиринов с молекулами пиридина, азаетероциклов, алифатических аминов. Моно- и политопные рецепторы, порфириновые димеры. Комплексообразование порфиринов с фуллеренами. Образование комплексов порфиринов с органическими молекулами за счет образования водородных связей. Супрамолекулярные полимеры на основе порфиринов. Применение порфиринов в медицине.

Раздел 2.2 Каликсарены. Номенклатура. Одностадийный и многостадийный синтезы каликсаренов. Модификация каликсаренов. Структура каликсаренов. Физико-химические методы исследования каликсаренов. Комплексообразование с катионами металлов, аммония, органическими молекулами, смешанные комплексы. Функциональные системы на основе каликсаренов. Экстракция катионов металлов с использованием каликсаренов.

Циклодекстрины. Строение и номенклатура циклодекстринов. Выделение циклодекстринов из крахмала. Химическая модификация циклодекстринов. Комплексообразование циклодекстринов с органическими молекулами. Комплексообразование циклодекстринов с неорганическими солями. Смешанные комплексы циклодекстринов. Реакции, протекающие в полости циклодекстринов. Процессы гидролиза, протекающие в полости циклодекстринов. Применение циклодекстринов для модификации свойств органических соединений и в жидкостной хроматографии.

Кукурбитурилы. Методы получения. Комплексообразование с катионами металла и органическими заряженными молекулами.

Раздел 3. Биомиметические системы

Раздел 3.1 Определение абиотических молекул и реакций, биомиметического подхода. Природные и искусственные ионофоры. Комплексоны для производных аммония, дикарбоновых кислот, аминокислот. Комплексоны для ДНК. Искусственные каталитические системы. Моделирование биологических реакций. Гидролиз амидов, сложных эфиров, эфиров фосфорных кислот. Циклические углеводородные системы, моделирующие протеазы, дегидрогеназы. Супрамолекулярные металлокатализаторы

Раздел 4. Супрамолекулярная фотоника

Раздел 4.1 Супрамолекулярные системы, фотохимические превращения которых основаны на протекании электроциклических реакций. Краунсодержащие спиросоединения. Фотоуправляемое комплексообразование спиронафтоксазинов. Спиропираны в качестве искусственных биологических рецепторов. Спиропираны в составе белков. Спиропираны в составе полимеров. Краунсодержащие нафтопираны и фотоуправляемые сенсоры на их основе. Краунсодержащие дигетарилэтены. Краунсодержащие трифенилметановые красители.

Раздел 4.2 Фотоиндуцированный перенос электрона в фотоактивных системах. Нелинейные оптические свойства супрамолекулярных ансамблей. Супрамолекулярная электрохимия и супрамолекулярные электронные устройства. Основные типы компонент для осуществления переноса электрона. Основные типы устройств по переносу электрона. Молекулярные провода. Электропереключающие устройства.

Фотоиндуцированный перенос энергии в организованных системах. Механизмы переноса энергии, доноры, акцепторы энергии фотона. Основные компоненты и типы устройств по переносу энергии. Методы исследования и регистрации процессов переноса энергии.

Раздел 5. Органические проводники

Раздел 5.1 Молекулярные машины. Устройство молекулярных машин. Молекулярные шестеренки, молекулярные мускулы. Машины, работающие при изменении кислотности среды и при протекании окислительно-восстановительных процессов. Молекулярный насос, молекулярный мотор. Молекулярные машины, работающие при изменении кислотности среды, переносе электрона, при фотооблучении. Молекулярный автомобиль.

Раздел 5.2 Супрамолекулярная химия металлоорганических гибридных материалов. Методы получения металлических наночастиц. Методы получения гибридных металлоорганических наночастиц и наноматериалов. Методы изучения гибридных наноматериалов. Примеры гибридных наночастиц и их свойства. Перспективы гибридных наноматериалов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	Знать:					
1	основные типы органических молекул – базовых элементов построения молекулярно-организованных систем	+	+	+	+	+
2	основные принципы построения органических, металлоорганических и биоорганических супрамолекулярных систем	+	+	+	+	+
3	методы анализа структуры и свойств супрамолекулярных систем		+	+	+	+
4	основные типы современных систем, используемых в биохимии			+		
5	основные области применения фотоактивных хромофорных систем				+	
6	основы супрамолекулярного катализа			+		
7	основные типы материалов на основе молекулярно-организованных систем	+	+	+	+	+
8	основные типы систем, используемых в органической фотонике и электронике				+	
9	другие области применения молекулярно-организованных систем					+
	Уметь:					
10	проводить анализ научно-технической литературы в области современных и перспективных видов молекулярно-организованных систем	+	+	+	+	+
11	формулировать требования к материалам и определять эффективные пути создания новых супрамолекулярных систем с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения	+	+	+	+	+
12	проводить экспериментальные исследования состава, структуры и свойств молекулярно-организованных систем	+	+	+	+	+
13	применять теоретические знания по современным и перспективным видам супрамолекулярным системам для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в	+	+	+	+	+

	междисциплинарных областях					
	Владеть:					
14	методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам материаловедения на основе молекулярно-организованных систем	+	+	+	+	+
15	методологическими подходами, особенностями синтеза и выявления взаимосвязей состава, структуры, свойств и технологии супрамолекулярных систем, обеспечивающими обоснованное принятие решений при разработке новых материалов для различных областей применения	+	+	+	+	
16	методами критического анализа и оценки современных научных достижений, разработки подходов к решению исследовательских и практических задач в области молекулярно-организованных систем	+	+	+	+	+
17	способностью и готовностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области химии организованных систем с учетом правил соблюдения авторских прав	+	+	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
18	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов	+	+	+	+
19	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские	ПК-3.1 Знает требования к экспериментальным образцам наноматериалов и наносистем	+	+	+	+

	работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	и результатам научно-исследовательских работ по их разработке					
20		ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	+	+	+	+	+
21		ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Определение природы нековалентных связей в различных типах молекулярно-организованных систем	2
2		Подбор основных подходов к конструированию органических, металлоорганических и органо-биологических система	2
3	Раздел 2	Подбор методов синтеза макроциклических лигандов для катионов металла	2
4		Подбор методов синтеза лигандов для органических соединений	2
5	Раздел 3	Основы конструирования биомиметических аналогов ферментных систем	1
6	Раздел 4	Подбор компонент и условий получения проводящих супрамолекулярных систем	2
7		Подбор компонент и условий получения фотохромных супрамолекулярных систем	2
8	Раздел 5	Теоретическое обоснование структуры и свойств молекулярной машины или устройства с определенным набором функций	2
9		Определение состава, условий синтеза и физико-химических характеристик наноразмерных функциональных систем	2

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 практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу лекционного курса;
- 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, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины;
- теоретическую разработку макета молекулярной машины с определенными функциями;
- подготовку к сдаче зачета по дисциплине.

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Системы распознавания в аналитическом и биохимическом анализе.

Системы капсулирования и доставки лекарственных препаратов.

Системы информационных технологий.

Гибридные наноматериалы.

Супрамолекулярные фотонные устройства.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 5 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 60 баллов (по 12 баллов за каждую работу).

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 12 баллов. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 4 балла за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. Краткая история супрамолекулярной химии.
2. Природа нековалентных взаимодействий.
3. Физико-химические методы исследования супрамолекулярных систем.

Вопрос 1.2.

1. Молекулярное распознавание. Комплементарность.
2. Геометрическое, природное, энергетическое соответствие. Типы рецепторов.
3. Самосборка и самоорганизация органических молекул, координационных соединений, органо-биологических ансамблей.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 12 баллов. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 4 балла за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Краун-эфиры, криптанды, поданды. Особенности комплексообразования, селективность комплексообразования, константы устойчивости, энергия образования комплексов.
2. Катенаны, ротаксаны, Синтез, свойства.
3. Порфирины. Физико-химические характеристики порфирина.. Методы синтеза и модификации порфирина. Комплексы металлопорфиринов с молекулами пиридина, азагетероциклов, алифатических аминов. Применение порфиринов и фталоцианинов в медицине.

Вопрос 2.2.

1. Каликсарены. Одностадийный и многостадийный синтезы каликсаренов. Комплексообразование с катионами металлов и аммония, органическими молекулами.
2. Циклодекстрины. Строение и номенклатура. Химическая модификация..
3. Кукурбитурилы. Комплексообразование с неорганическими, органическими молекулами и биомолекулами

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 12 баллов. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 4 балла за вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Супрамолекулярные систем для моделирования биологических процессов.
2. Комплексоны на амины, карбоновые кислоты, аминокислоты. Процессы переноса и создание ионофоров.

3. Комплексообразование органических молекул с ДНК, деградация ДНК под действием органических молекул.

Вопрос 3.2.

1. Транспорт аминов и аминокислот через мембраны.
2. Супрамолекулярный катализ. Моделирование биологических реакций. Гидролиз амидов, сложных эфиров, эфиров фосфорных кислот.
3. Циклические углеводородные системы, моделирующие протеазы, дегидрогеназы. Супрамолекулярные металлокатализаторы

Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 4. Максимальная оценка – 4 балла. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 2 балла за вопрос.

Вопрос 4.1.

1. Супрамолекулярные фотохромные системы.. Спиропираны в качестве искусственных биологических рецепторов. Спиропираны в составе белков. Спиропираны в составе полимеров.
2. Фотоиндуцированный перенос электрона в фотоактивных системах. ...

Вопрос 4.2.

1. Супрамолекулярная электрохимия и супрамолекулярные электронные устройства.
2. Фотоиндуцированный перенос энергии в организованных системах. Механизмы переноса энергии, доноры, акцепторы энергии фотона

Раздел 5. Примеры вопросов к контрольной работе № 4. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

Вопрос 5.1.

1. Молекулярные машины. Принципы конструирования. Виды энергии, используемые при движении машин. Практическое применение молекулярных машин.
2. Супрамолекулярные материалы (полимеры, жидкие кристаллы, кристаллические материалы).

Вопрос 5.2.

1. Супрамолекулярная нанохимия, наноматериалы. Получение гибридных материалов. Эффект наноорганизации на проявляемые характеристики.
2. Практические технологии с использованием наносистем.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой)

Итоговый контроль проводится в форме зачета с оценкой. Билет для проведения зачета содержит 3 вопроса, максимальная оценка 1 вопрос – 10 баллов, за 2 вопрос – 15 баллов, за 3 вопрос – 15 баллов, максимальная общая оценка – 40 баллов. Общая оценка зачета складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на зачете.

Максимальная оценка зачета – 100 баллов.

8.2.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов

1. Понятие "супрамолекулярной химии".
2. Объясните термин супрамолекулярный ансамбль.
3. За счет каких взаимодействий образуются супрамолекулярные частицы?
4. Какие названия носят составные части супрамолекулярных ассоциатов?
5. Что такое топичность рецептора?
6. Дайте определение понятию "хозяин", предложенному Д.Крамом.
7. Чем определяется селективность и эффективность связывания субстрата рецептором?
8. Дайте определение понятиям аллостерия, кооперативность и саморепликация.
9. Поясните принцип "ключ - замок".

10. Чем молекулярное распознавание отличается от простого связывания?
 11. Чем определяется выбор субстрата при молекулярном распознавании?
 20. В чем заключается принцип двойной комплементарности?
 21. Соблюдение каких условий необходимо для распознавания рецептором субстрата?
 22. Что включает в себя понятие "молекулярной информации"?
 23. Что представляют собой молекулярные рецепторы?
 24. В чем заключается дизайн молекулярных рецепторов?
 25. Что такое эндорецептор?
 26. Что означает понятие "конформационная жесткость рецептора"?
 27. В чем отличие конформационно жестких рецепторов от конформационно гибких?
 28. В чем заключается дизайн рецепторов макрополициклического типа?
 29. В чем заключается принцип предорганизации?
 30. Что такое макроциклический и криптатный эффекты?
 31. Чем отличается монотопный рецептор от политопного?
 32. Для распознавания каких субстратов применяют краун-эфиры?
 33. От чего зависят селективность комплексообразования и устойчивость комплексов, образуемых краун-эфирами?
 34. Какие краун-эфиры называют лариатными?
 35. Как называются комплексы криптанов?
 36. В чем заключается криптатный эффект?
 37. От чего зависит селективность связывания катионов металлов криптандами?
 38. В каких случаях наблюдается платообразная селективность связывания катионов металлов краун-эфирами?
 39. Какие макроциклы подходят для связывания переходных металлов?
 40. Перечислите основные следствия образования комплексов рецепторов с катионами металлов.
 41. Перечислите рецепторы с тетраэдрической полостью. Приведите примеры связываемых ионов.
 42. В чем заключается эффект "положительной кооперативности"?
 43. Приведите примеры рецепторов, связывающих первичные аммонийные катионы. За счет каких взаимодействий осуществляется связывание?
 44. Что такое кавитанд?
 45. За счет каких взаимодействий происходит связывание и распознавание незаряженных молекул?
 46. На какие группы подразделяются нейтральные субстраты?
 47. Какие рецепторы связывают тиомочевину?
 48. За счет каких взаимодействий рецепторы связывают нейтральные субстраты, содержащие C-H связи?
 49. За счет каких взаимодействий рецепторы связывают нейтральные субстраты, содержащие N-H, O-H или D-H группы (где D - атом, донор НЭП)?
 50. Какими отличительными особенностями обладают анионные субстраты по сравнению с соответствующими катионными субстратами?
 51. Какую форму могут иметь анионные субстраты?
 52. За счет каких взаимодействий происходит связывание анионных субстратов?
 64. Наличие каких групп в рецепторе необходимо для связывания анионов?
 65. Какие соединения применяются для связывания анионных субстратов?
 66. Какими факторами определяется стабильность комплексов и селективность связывания анионных субстратов?
 67. Чем определяется стабильность и селективность образования комплексов?
 68. Каликсарены. Одностадийный и многостадийный синтезы каликсаренов.
- Комплексообразование с катионами металлов и аммония, органическими молекулами.

69. Циклодекстрины. Строение и номенклатура. Химическая модификация. Комплексообразование с неорганическими, органическими молекулами и биомолекулами.
70. Кукурбитурилы. Строение и номенклатура. Химическая модификация. Комплексообразование с неорганическими, органическими молекулами и биомолекулами.
71. Супрамолекулярные системы для моделирования биологических процессов.
72. Комплексоны на амины, карбоновые кислоты, аминокислоты. Процессы переноса и создание ионофоров. Транспорт аминов и аминокислот через мембраны.
73. Комплексообразование органических молекул с ДНК, деградация ДНК под действием органических молекул. Интеркаляция, залегание в бороздку ДНК.
74. Супрамолекулярный катализ. Гидролиз амидов, сложных эфиров, эфиров фосфорных кислот.
75. Циклические углеводородные системы, моделирующие протеазы, дегидрогеназы. Супрамолекулярные металлокатализаторы
77. Супрамолекулярные фотохромные системы. Использование изомеризации, электроциклических фотохимических реакций для создания фотоуправляемых супрамолекулярных систем.
78. Спиропираны в качестве искусственных биологических рецепторов. Спиропираны в составе белков. Спиропираны в составе полимеров.
79. Фотоиндуцированный перенос электрона в фотоактивных системах. Супрамолекулярная электрохимия и супрамолекулярные электронные устройства.
80. Супрамолекулярная нанохимия, наноматериалы. Получение гибридных материалов. Эффект наноорганизации на проявляемые характеристики. Практические технологии с использованием наносистем.

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

8.3. Структура и примеры билетов для итогового контроля (зачет с оценкой)

Зачет с оценкой по дисциплине «Супрамолекулярная химия» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы **зачета с оценкой** оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 10 баллов, второй вопрос – 15 баллов, третий вопрос – 15 баллов.

Пример билета для **зачета с оценкой**:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы» Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
	Супрамолекулярная химия
Билет № _____ 1. Перечислите отличия молекулярной и супрамолекулярной химии. 2. Спиропираны в качестве искусственных биологических рецепторов. Спиропираны в составе белков. Спиропираны в составе полимеров. 3. Катенаны, ротаксаны, Синтез, свойства.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Химия комплексов «гость-хозяин». Синтез, структуры и применение. Под ред. Ф. Фегтле, Э. Вебера, М. Мир, 1988, 511 стр.
2. *Comprehensive Supramolecular Chemistry*, volumes 1-11, Edited by J. L. Atwood, J. E. D. Davies, D. D. MacNicol, F. Vögtle, and J.-M. Lehn, Pergamon Press, New York, 1996.
3. Федорова О. А., "Супрамолекулярная химия". Учебное пособие, изд. РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2010г, 204 стр.
4. Овчинников Ю. А., Иванов В. Т., Шкроб А. М., *Мембраноактивные комплексоны*, М., «Наука», 1974, 464 стр.
5. Скопенко В. В., Цивадзе А. Ю., Савранский Л. И., Гарновский А. Д. *Координационная химия*, Москва, ИКЦ «Академкнига», 2007, 527 стр.
7. Сид Дж. В., Этвуд Дж. Л. *Супрамолекулярная химия*, Москва, ИКЦ «Академкнига», 2007, 496 стр.
8. Хираока М. Краун-соединения. Свойства и применение. М.: Мир, 1986. 363с.
9. Койфман О. И., Мамардашвили Н. Ж., Антипин И. С. *Синтетические рецепторы на основе порфиринов и их конъюгатов с калекс[4]аренами*, Москва, «Наука», 2006, 248 стр.
10. *Metal-ligand interaction in Organic Chemistry and Biochemistry*, Eds. B. Pullman, N. Goldblum, Dordrecht, D. Reidel, 1977.
11. Crano, J. C.; Guglielmetti, R. eds., *Organic Photochromic and Thermochromic Compounds*, vol. 2, Plenum Press, New York, 1999.
12. Connors K. A. "The Stability of Cyclodextrin Complexes in Solution", *Chemical Review*, **1997**, 97, 1325-1357.
13. Ткаченко С.В., Федоров Ю.В., Федорова О.А. «Закономерности процессов комплексообразования кукурбит[*n*]урилов (*n* = 5-8, 10) с органическими и биоактивными молекулами в водных растворах: структура, устойчивость, динамика» в книге «Химия растворов биологически активных веществ (Проблемы химии растворов)», отв. ред. А.Ю. Цивадзе. – Иваново, 2016, 528 стр.
14. Chen H., Weiner W. S. , Hamilton A. D. "Recognition of neutral species with synthetic receptors" *Current Opinion in Chemical Biology*, 1997, 1:458-466.
15. Boon J. M., Smith B. D. "Synthetic membrane transporters" *Current Opinion in Chemical Biology* , 2002, 6:749–756.

Б. Дополнительная литература

1. Bredshaw C., "Coordination chemistry of the larger calixarenes", *Coordination Chemistry Reviews* , 2003, 244, 45-70.
2. Lehn J.-M., *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 1990, 29, 1304.
3. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы. Новосибирск, «Наука», 1998.
4. *Cation Binding by Macrocycles*, Ed. by Y. Inoue and G. W. Gokel, Marcel Dekker, New York, 1990.
5. Schneider H.-J., Hacket F., Rudiger V. "NMR Studies of Cyclodextrins and Cyclodextrin Complexes", *Chemical Review*, 1998, 98, 1755-1785.
6. Satake A., Kobuke Y. "Dynamic supramolecular porphyrin systems" *Tetrahedron*, 2005, 61, 13–41.
7. Arnold D. P., Blok J. "The coordination chemistry of tin porphyrin complexes" *Coordination Chemistry Reviews* 2004, 248 , 299–319

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Journal Inclusion Phenomenon and Macrocyclic Chemistry» ISSN 1388- - 3127
2. Журнал «Макрогетероциклы» ISSN 1998-9539
3. Журнал «Dyes and Pigments» ISSN 0143-7208

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 17, (общее число слайдов – 1100);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 40);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 80).

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 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 «*Супрамолекулярная химия*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Компьютерные презентации к лекционному курсу; наглядно-дидактический материал по молекулярно-организованным структурам и композиционным материалам;

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине «Супрамолекулярная химия»; методические рекомендации к практическим занятиям.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1 Введение. Основные понятия.	Знает: - понятия супрамолекулярной химии; - природу нековалентных взаимодействий; - типы рецепторов; - самосборку и самоорганизацию органических молекул, координационных соединений, органо-биологических систем. Умеет: - использовать принципы молекулярного распознавания, геометрического, природного, энергетического соответствия; - использовать основы самосборку в присутствии ионов металлов, за счет водородных связей, самосборку упорядоченных фаз и кристаллических структур, направляемую образованием водородных связей. Владеет: - навыками подбора физико-химических методов исследования супра-молекулярных систем;	Оценка за контрольную работу №1 Оценка на зачете с оценкой
Раздел 2. Основные типы лигандов и субстратов	Знает: - методы синтеза, структуру и комплексообразования краун-эфиров, подантов и криптантов; - методы получения, структуру и физико-химические свойства катенанов и ротаксанов; - методы получения, структуру и характеристики порфиринов и их металлокомплексов; методы выделения из крахмала, структурные особенности и принципы комплексообразования каликсаренов; - методы выделения из крахмала, структурные особенности и принципы комплексообразования циклодекстринов; - методы получения, структурные особенности и принципы комплексообразования кукурбитурила.	Оценка за контрольную работу №2 Оценка на зачете с оценкой

	Умеет: - подбирать подходящие макроциклические лиганды для катионов щелочных, щелочно-земельных и тяжелых металлов; - предложить лиганды для органических нейтральных молекул; - предложить методы получения порфиринов с заданными свойствами; - предложить методы синтеза каликсаренов с заданными свойствами; - подобрать структуру кукурбитурила, обладающего необходимым набором характеристик; Владеет: - принципами построения лиганда для различных видов субстратов (катионы металла, органические и биоорганические молекулы).	
Раздел 3. Биомиметические системы.	Знает: - супрамолекулярные системы, моделирующие биологические процессы; - комплексоны на амины, карбоновые кислоты, аминокислоты; - комплексообразование органических молекул с ДНК; - процессы переноса и создание ионофоров; - супрамолекулярный катализ; - супрамолекулярные металлокатализаторы. Умеет: - подобрать компоненты и условия для транспорт аминов и аминокислот через мембраны; - моделировать каталитические процессы гидролиза амидов, сложных эфиров, эфиров фосфорных кислот; - предложить системы, моделирующие протеазы, дегидрогеназы. Владеет: - знаниями о биомиметических системах различной функциональности.	Оценка за контрольную работу №3 Оценка на зачете с оценкой

Раздел 4. Супрамолекулярная фотоника.	Знает: - супрамолекулярные фотохромные системы; - фотоциклоприсоединение в супрамолекулярных системах, - фотоиндуцированный перенос электрона в фотоактивных супрамолекулярных системах; - супрамолекулярная электрохимия и супрамолекулярные электронные устройства; - фотоиндуцированный перенос энергии в организованных системах. Умеет: - принципы использования спиропиранов в качестве искусственных биологических рецепторов; - принципы использования спиропиранов в составе белков; - принципы использования спиропиранов в составе полимеров; - определять механизмы переноса энергии, доноры, акцепторы энергии фотона. Владеет: - методами исследования и регистрации процессов переноса энергии; - методами построения электропереключающих устройств.	Оценка за контрольную работу №4 Оценка на зачете с оценкой
Раздел 5. Супрамолекулярная нанохимия	Знает: . принципы конструирования молекулярных машин; - виды энергии, используемые при движении машин; - практическое применение молекулярных машин; - законы супрамолекулярной нанохимии; - эффект nanoорганизации на проявляемые характеристики. Умеет: - применять знания при разработке конструкций молекулярной машины; - применять знания по анализу полимеров, жидких кристаллов, кристаллических материалов. Владеет: - методами получения гибридных наноматериалов.	Оценка за контрольную работу №5 Оценка на зачете с оценкой

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

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

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

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – 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

**«Супрамолекулярная химия»
основной образовательной программы**

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Теоретические основы технологии наноматериалов»**

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена профессором, д.х.н. Королевой М.Ю.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «**Теоретические основы технологии наноматериалов**» относится к блоку обязательных дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической и коллоидной химии.

Цель дисциплины - приобретение знаний, умений, владений и формирование компетенций в области теории и практики использования нанотехнологий и создания наноматериалов, свойств наноматериалов, их перспективных областей применения и направлений дальнейшего развития.

Задачи дисциплины: формирование у обучающихся системных глубоких знаний в области физических и химических процессов и технологии функциональных неорганических и органических наноматериалов, понимания общих физических и химических механизмов создания наноматериалов, способности анализировать и критически оценивать получаемые наноматериалы, предлагать пути дальнейшего развития химической технологии наноматериалов.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Исследовательская деятельность	ОПК-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.

Использование информационных технологий	ОПК-5. Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	ОПК-5.1. Знает инструментарий 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 получения наноматериалов	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 изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов;
- современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов;
- прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств.

Уметь:

- проводить анализ научно-технической информации, в области основ технологии наноматериалов;
- применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.

Владеть:

- навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов;
- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов.
- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов;
- навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5,0	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,88	68	51
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Самостоятельная работа	2,12	76	57
Контактная самостоятельная работа	2,12	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		76	57
Вид итогового контроля:	Экзамен		
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п.п.	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Сам. работа
1	Раздел 1.	88	16	16	56
1.1	Введение. Современное состояние, проблемы и перспективы развития нанотехнологии и наноматериалов.	26	4	4	18
1.2	Наноматериалы в электронике.	26	4	4	18
1.3	Физико-химические основы получения нанопорошков, наноструктур и консолидированных наноматериалов.	36	8	8	20
2	Раздел 2.	92	18	18	56
2.1	Композиционные наноматериалы.	36	8	8	20
2.2	Механические свойства наноматериалов.	30	6	6	18
2.3	Адгезия наноматериалов на различных поверхностях.	26	4	4	18
	Экзамен	36			

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1.

1.1. Введение. Современное состояние, проблемы и перспективы развития нанотехнологии и наноматериалов. История развития науки о наноматериалах и нанотехнологии. Вклад отечественных ученых. Особые физические и химические свойства нанообъектов и наноструктурированных систем. Размерный эффект. Зависимость свойств от размера структурных элементов материала (частиц, кластеров, зерен) и проявление размерного эффекта. Особенности диффузионно-кинетических процессов в гетерофазных системах с наноструктурами. Способы стабилизации наночастиц. Размерные эффекты в кинетике.

1.2. Наноматериалы в электронике. Полупроводниковые наноструктуры: квантовые ямы, нити и точки. Особенности поведения электрона в наноструктурах. Получение и применение квантовых точек. Эпитаксия. Механизмы образования квантовых точек. Сверхрешетки. Формирование полупроводниковых интегральных микросхем (ИМС). Литография. Квантовый транзистор. Квантовый лазер. Квантовый компьютер.

1.3. Физико-химические основы получения нанопорошков, наноструктур и консолидированных наноматериалов. Основные методы получения наноматериалов. Получение нанопорошков. Метод Глейтера. Вклад советских ученых в совершенствование методов получения наноматериалов. Стабильность нанопорошков. Методы интенсивной пластической деформации. Технологии 3D-печати (3D-Printing),

Раздел 2.

2.1. Композиционные наноматериалы. Классификация композиционных материалов. Основные типы структур композиционных материалов. Характеристика наполнителей. Физические и химические свойства неорганических и органических композиционных материалов.

2.2. Механические свойства наноматериалов. Прочность, пластичность и другие параметры, определяющие механические свойства наноматериалов. Анизотропия механических свойств. Влияние морфологии, структуры наночастиц на механические свойства. Влияние наноструктур на механические свойства нанокомпозитов. Влияние ориентации анизотропных наночастиц на механические свойства нанокомпозитов.

2.3. Адгезия наноматериалов на различных поверхностях. Адгезионная прочность соединения «адгезив-субстрат». Факторы, влияющие на величину адгезионной прочности. Методы определения адгезии. Определение адгезии наночастиц путём моделирования. Адгезия пленок и наноструктурированных (нанокомпозитных) покрытий. Теории адгезии. Причины повышенной адгезии наночастиц. Влияние избытка поверхностной энергии на адгезионное взаимодействие наночастиц. Зависимость адгезии от морфологии наночастиц.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	
	Знать:			
1	– современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов;	+	+	
2	– современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов;	+	+	
3	– прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств.	+	+	
	Уметь:			
4	- проводить анализ научно-технической информации, в области основ технологии наноматериалов;	+	+	
5	- применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.	+	+	
	Владеть:			
6	- навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов;	+	+	
7	- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов.	+	+	
8	- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов;	+	+	
9	- навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК		
10	ОПК-4. Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку	ОПК-4.1. Знает методы планирования и постановки сложных экспериментов и исследований в области профессиональной деятельности;	+	+

11	сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов	ОПК-4.2. Умеет представлять результаты своей исследовательской деятельности, в том числе формировать демонстрационный материал по результатам исследований;	+	+
12		ОПК-4.3. Владеет навыками оценки и интерпретации результатов исследований.	+	+
13	– ОПК-5. Способен использовать инструментальный формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	– ОПК-5.1. Знает инструментальный формализации инженерных и научно-технических задач, прикладное программное обеспечение, используемое в профессиональной деятельности;	+	+
14		– ОПК-5.2. Умеет определять перечень ресурсов для использования в профессиональной деятельности;	+	+
15		– ОПК-5.3. Владеет навыками формализации инженерных и научно-технических задач.	+	+
16	– ОПК-7. Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области получения наноматериалов	– ОПК-7.1. Знает типы научно-технической документации в области профессиональной деятельности и правила их разработки;	+	+
17		– ОПК-7.2. Умеет использовать техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области технологии и методов диагностики наноматериалов;	+	+
18		– 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

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Вклад отечественных ученых в развитие науки о наноматериалах и нанотехнологии	2
2	1	Размерный эффект в свойствах наноматериалов	2
3	1	Получение наноматериалов для электроники	4
4	1	Физикохимические основы получения нанопорошков и консолидированных наноматериалов	6
5	1	Интенсивная пластическая деформация	2
6	2	Свойства композиционных наноматериалов	4
7	2	Способы введения наночастиц в матрицы композиционных материалов	2
8	2	Влияние морфологии и ориентации наночастиц на свойства композиционных материалов	2
9	2	Механические свойства наноматериалов	4
10	2	Анизотропия механических свойств наноматериалов	2
11	2	Адгезия наночастиц на различных поверхностях	4

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Теоретические основы технологии наноматериалов» Учебным планом 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;
- подготовку к контрольным работам по материалу лекционного курса;
- 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;
- изучение докладов ведущих российских и зарубежных ученых по наиболее актуальным направлениям развития науки о наноматериалах и нанотехнологии на сайте кафедры наноматериалов и нанотехнологии <http://nano.muctr.ru/conf>.
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в научном семинаре кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- подготовку к сдаче экзамена 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

Общая оценка за данную дисциплину складывается из оценки работы в семестре (максимально 60 баллов) и оценки, полученной на экзамене (максимально 40 баллов). Оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (до 40 баллов), подготовке научных докладов (до 10 баллов) и участия в кафедральных семинарах (до 10 баллов) по тематике дисциплины, максимально – 60 баллов.

При оценке научных докладов оценивается количество подготовленных докладов, качество докладов (глубина проработки темы, использование современных источников информации, в том числе зарубежных) и качество презентации доклада. Презентация докладов происходит на семинарских занятиях, причем остальные студенты задают вопросы докладчику и участвуют в обсуждении доклада. При оценке участия в кафедральных семинарах, где докладчиками выступают известные ученые в области науки о наноматериалах и нанотехнологии, учитывается активность студента на семинаре, выражающаяся в формулировании вопросов докладчику и участии в обсуждении доклада.

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

1. К процессам мегапластической деформации не относится: 1) закалка из жидкого состояния, 2) равноканальное угловое прессование. 3) сдвиг под давлением, 4) накопительная прокатка.
2. Л.В. Радужкевич и В.М. Лукьянович в СССР в 1952 опубликовали результаты исследований углеродных нанотрубок – нановолокон диаметром 100 нм с пустотелыми каналами, которые были получены в: 1) Rice University, 2) РХТУ (МХТИ) им. Д.И. Менделеева 3) МГУ им. М.В. Ломоносова, 4) Институте физической химии РАН.
3. Кто впервые сформулировал концепцию наноматериалов и ввел в научную литературу термин наноматериалы - сначала как нанокристаллические материалы, потом наноструктурные, нанофазные, нанокомпозитные и т.д.? 1) Фейнман, 2). Дрекслер, 3) Глейтер, 4) Тананаев.
4. Фрагмент проводника или полупроводника, носители заряда (электроны или дырки) которого ограничены в пространстве по всем трём измерениям. 1) квантовая яма, 2) квантовая точка, 3) квантовая антиточка, 4) квантовый барьер.
5. Наибольшим пределом прочности и пределом упругости обладают: 1) стали; 2) полимеры; 3) титановые сплавы; 4) аморфные сплавы.
6. С увеличением деформации доля кристаллической фазы: 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) может как увеличиваться, так и уменьшаться; 4) не изменяется.
7. В СССР при создании диффузионных технологий изотопного обогащения урана и технологических операций ядерно-топливного цикла были впервые синтезированы наноразмерные металлические порошки. Их производство (УЭХК, г. Новоуральск) и

успешное применение были отмечены Ленинской премией (И.К. Кикоин, И.Д. Морохов, В.Н. Лаповок и др.). В каком году? 1) 1958, 2) 1971, 3) 1981, 4) 1998.

8. Кто такой Фуллер, Ричард Бакминстер?: 1) первооткрыватель фуллеренов. 2) один из основателей нанотехнологии, 3) американский химик, 4) американский инженер, поэт и философ.
9. Почему квантовые точки называют искусственными атомами? 1) квантовая точка, как и атом, имеет ядро, 2) квантовая точка может вступать в химические реакции подобно атомам, 3) квантовая точка имеет размеры атома, 4) в квантовой точке движение ограничено в трех направлениях и энергетический спектр полностью дискретный, как в атоме.
10. Закон Петча-Холла (Холла-Петча)? 1) $\sigma_y = \sigma_0 + k/\sqrt{d}$, 2) $\Delta P = 2\sigma/r$, 3) $\Delta T_m = T_m - T(d) = 6\sigma_{sl} T_m / (d \cdot \Delta H_f)$, 4) $\ln(P_j/P_i) = 2v_i \sigma / rRT$

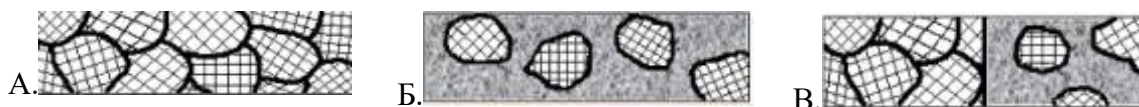
8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины, максимальная оценка – 40 баллов.

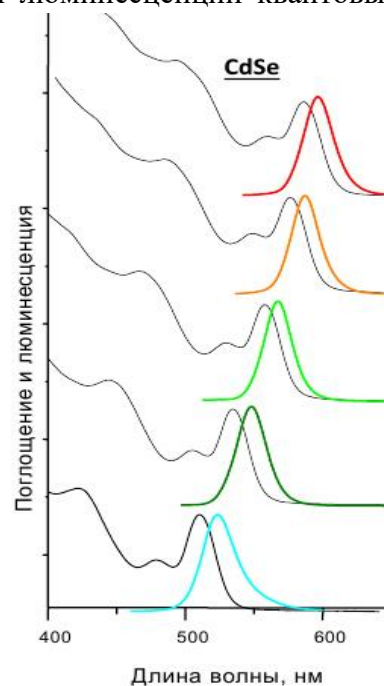
Примеры контрольных вопросов:

1. За что была присуждена Нобелевская премия Ж.И.Алферову? 1) за основы супрамолекулярной химии, 2) за книгу «Машины создания», 3) за разработку полупроводниковых гетероструктур, 4) за создание туннельного микроскопа
2. Кто получил Нобелевскую премию по физике 2010 г. за эксперименты с графеном? 1) Биннинг и Рорер, 2) Андрей Гейм и Константин Новосёлов, 3) Жорес Алферов 4) Крото и Смолли.
3. Какая из характеристик соответствует кристаллическому состоянию вещества? А) Структурная изотропия. Б) Низкая термодинамическая стабильность. В) Низкие модули упругости. Г) Трансляционная симметрия.
4. Какая из характеристик соответствует аморфному состоянию вещества? А) Дислокационная мода деформации. Деформационное упрочнение. Б) Ближний атомный порядок. В) Высокие модули упругости. Г) Высокая термодинамическая стабильность.
5. Метод Г. Глейтера: 1) пиролиз углеводородов, 2) золь-гель метод, 3) гидролиз алкоксидов, 4) газофазное осаждение и компактирование.
6. Литография методом локального анодного окисления основан на: 1) облучении тонкой пленки, осажденной на подложку; 2) подключении электрического напряжения между наконечником СЗМ и поверхностью; 3) пропускании через ультратонкий образец пучка электронов; 4) нет правильного ответа.
7. Если деформировать титан в камере Бриджмена, что происходит с его свойствами? 1) прочность растет; коррозионные свойства не меняются, а при больших деформациях они падают; 2) прочность растет; коррозионные свойства уменьшаются, а при больших деформациях они увеличиваются; 3) прочность растет; коррозионные свойства уменьшаются, а при больших деформациях они еще больше уменьшаются; 4) прочность уменьшается; коррозионные свойства не меняются, а при больших деформациях они падают.
8. Повышение проводящей способности нанотрубок TiO_2 в присутствии водорода связано: 1) с восстановлением оксида титана, 2) с удалением сорбированного кислорода из межтрубчатого пространства, 3) с эффектом сверхпроводимости, 4) с образованием активных форм водорода при сорбции на трубках.

9. Полной кристаллизации при закалке из жидкого состояния соответствует структура изображённая на рисунке: 1) А; 2) Б; 3) В – сосуществуют обе структуры; 4) правильного ответа нет.



10. На рисунке приведены спектры поглощения и люминесценции квантовых точек CdSe. В зависимости от чего спектры смещаются в более длинноволновую область электромагнитного излучения? 1) В зависимости от размера квантовых точек, с увеличением размера спектр смещается вправо (более длинноволновая область); 2) В зависимости от концентрации квантовых точек в исследуемой суспензии, с увеличением концентрации спектр сдвигается в более длинноволновую область; 3) В зависимости от растворителя, в котором содержатся данные квантовые точки; 4) В зависимости от размера квантовых точек, с уменьшением размера спектр смещается вправо (более длинноволновая область).



Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов.

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

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена

Экзамен по дисциплине «*Теоретические основы технологии наноматериалов*» проводится включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам.

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____ «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 Наноматериалы и нанотехнологии
	Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
	Физические и химические свойства наноматериалов и наносистем

Билет № 1

1. Что такое «Молекулярные сита»? 1) сорбенты, избирательно поглощающие вещества, молекулы которых не превышают определённых размеров. 2) молекулярный фильтр в лазерных устройствах на молекулярных кристаллах, 3) молекулярная решетка для подготовки образцов для электронной микроскопии; 4) стандартный образец пиролитического графита для калибровки зондовых микроскопов
2. Какую наибольшую удельную поверхность Metal-organic framework structures, удалось достичь Dr. Shuguang Deng (США) в своих работах, которые он представлял на семинаре кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева (видеозапись семинара представлена на сайте семинаров кафедры наноматериалов и нанотехнологии), $\text{м}^2/\text{см}^3$? 1) 100, 2) 300, 3) 1000, 4) 5000.
3. Основной механизм самодиффузии и диффузии в твердых растворах 1) примесный междоузельный, 2) вакансионный, 3) обменный, 4) циклический
4. Как изменяется коэрцитивная сила при уменьшении размера частицы: 1) сначала увеличивается, затем уменьшается; 2) сначала уменьшается, затем увеличивается; 3) не изменяется; 4) изменение коэрцитивной силы не связано с изменением размера частицы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева – 2010, т.1 - 148 с., т.2 – 112 с.
2. Юртов Е.В., Королева М.Ю. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева - 2010, - 152 с.
3. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности, ИД Интеллект, 2011 г., 568 с.

Б. Дополнительная литература

1. Шабанова, Н. А. Саркисов П. Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 328 с.
2. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006.-309 с.
3. Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л. Наноматериалы: учебное пособие /. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 365 с.
4. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 431 с.
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит. 2004. - 410 с.
6. Генералов, М. Б. Основные процессы криохимической нанотехнологии. Теория и методы расчета: учебное пособие - СПб. Профессия, 2010. - 348 с.
7. Аверина Ю.М., Субчева Е.Н., Юртов Е.В., Зверева О.В. Композиционные материалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2017, 128 с.
8. Мурадова А.Г., Матвеева А.Г., Юртов Е.В., Бокштейн Б.С. Объемная и зернограничная диффузия. Методические указания по выполнению лабораторной работы, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018, 28 с.

9. Мурадова А.Г., Мурашова Н.М., Шарапаев А.И., Юртов Е.В. Самоорганизующиеся наноструктуры поверхностно-активных веществ. Лабораторный практикум, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018, 64 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Реферативный журнал «Химия» (РЖХ), ISSN 0486-2325
2. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
3. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
4. Журнал «Коллоидный журнал», ISSN 0023-2912
5. Журнал «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X
6. Журнал «Журнал физической химии», ISSN 0044-4537
7. Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172
8. Журнал «Деформация и разрушение материалов»
9. Журнал «Химическая технология», ISSN 1684-5811
10. «Успехи в химии и химической технологии», ISSN 1506-2017
11. Nature Nanotechnology, ISSN 1748-3387, EISSN 1748-3395.
12. ACS Applied Materials & Interfaces, Print Edition ISSN: 1944-8244, Web Edition ISSN: 1944-8252.
13. ACS Nano, Print Edition ISSN 1936-0851, Web Edition ISSN 1936-086X
14. Nano Letters, Print Edition ISSN: 1530-6984, Web Edition ISSN: 1530-6992
15. Nano Today, ISSN 1748-0132.
16. Chemistry of Materials, Print Edition ISSN: 0897-4756, Web Edition ISSN: 1520-5002
17. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, ISSN 0927-7757
18. Langmuir, Print Edition ISSN: 0743-7463, Web Edition ISSN: 1520-5827
19. Политематические базы данных (БД): США: CAPLUS; COMPENDEX; Великобритания: INSPEC; Франция: PASCAL.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.
2. Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org>
3. Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
4. Ресурсы RCS: <http://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=all>
5. Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины (При необходимости)

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 8, (общее число слайдов – более 100);

- доклады ведущих российских и зарубежных ученых по наиболее актуальным направлениям развития науки о наноматериалах и нанотехнологии на сайте кафедры наноматериалов и нанотехнологии <http://nano.muctr.ru/conf> – более 30;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 50);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 100).

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 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 «*Теоретические основы технологии наноматериалов*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам лекционного курса и практическим занятиям; образцы наноматериалов и изделий и продуктов с использованием наноматериалов.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; рекламные проспекты с основными видами и характеристиками наноматериалов и изделий из них.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде по составу и свойствам наноматериалов; кафедральная библиотека электронных и печатных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams		-	
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath		-	
3	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine		-	бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
1 Семестр. Раздел 1.	Знает: – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. Умеет: – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. Владеет: – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов. – методами работы с научно-технической,	Семестр 1. Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за научные доклады Оценка за участие в кафедральных семинарах Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов; – навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.	
1 Семестр. Раздел 2.	Знает: – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. Умеет: – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. Владеет: – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами,	Семестр 1. Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за научные доклады Оценка за участие в кафедральных семинарах Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов. – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов; – навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.	

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 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
«Теоретические основы технологии наноматериалов»
основной образовательной программы
 28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа «Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Термический анализ наноматериалов»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:
ассистентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии Широких А.Д.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «**Термический анализ наноматериалов**» относится к части учебного плана, определяемой участниками образовательных отношений, блоку обязательных дисциплин. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физико-химических методов анализа.

Цель дисциплины – формирование у студентов комплексного представления о возможностях термического анализа для исследования наноматериалов.

Задачи дисциплины:

- формирование представлений о методах термического анализа наноматериалов, их теоретических основах и принципах работы.
- формирование системных знаний в области химических реакций и физико-химических превращений, происходящих под влиянием температуры.
- формирование понимания о возможностях и ограничения использования методов термического анализа в различных областях наноматериалов, выработка на этой основе системного подхода к постановке и выполнению научных исследований в указанной области, способности анализировать и критически оценивать получаемые результаты, предлагать пути решения поставленных задач.

Дисциплина «**Термический анализ наноматериалов**» 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				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – исследование свойств наносистем и наноматериалов с помощью современных методов анализа; – самостоятельная эксплуатация современного аналитического и синтетического оборудования и приборов в соответствии с квалификацией.	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок

	наносистем.			наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок, – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные) агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)

наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.				Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. D Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- классификацию методов термического анализа;
- физическо-химические основы термического анализа материалов;
- устройство и принцип работы основных методов термического анализа;
- влияние условий проведения эксперимента на результаты термических методов анализа;
- возможности и области применения термических методов анализа для исследования наноматериалов.

Уметь:

- анализировать результаты, полученные с помощью различных методов термического анализа;
- корректно рассчитывать физико-химические (кинетические и термодинамические) параметры по данным термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии;
- формулировать технические требования к объектам исследования.

Владеть:

- принципами проведения эксперимента и стандартными методиками анализа наноматериалов методом термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии;
- методами термокинетического анализа.

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:	1,42	51	38
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	0,95	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	2,58	93	80
Контактная самостоятельная работа	2,58	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,8	79,85
Вид контроля:	Зачет		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п.п.	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр.	Лекции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр.	Лаб. работы	Сам. работа

			подг.			подг.		
1	Основные методы термического анализа наноматериалов	41	-	5	10	-	-	26
1.1	История и этапы развития термических методов анализа	9	-	1	2	-	-	6
1.2	Термогравиметрический анализ	9	-	1	2	-	-	6
1.3	Дифференциально-термический анализ	9	-	1	2	-	-	6
1.4	Дифференциально-сканирующая калориметрия	14	-	2	4	-	-	8
2	Практическое использование термических методов анализа наноматериалов	51	-	6	12	-	-	33
2.1	Аппаратурно-техническое оформление термического анализа	15	-	2	2	-	-	11
2.2	Экспериментальные кривые ТГ-ДСК и артефакты	17	-	2	4	-	-	11
2.4	Применение термических методов для анализа наноматериалов	19	4	2	6	4	-	11
3	Комплексные методы анализа наноматериалов и современные тенденции развития термического анализа	52	4	6	12	4	-	34
3.1	Термокинетический анализ	16	-	-	6	-	-	10
3.2	Анализ выделившихся газов	12	-	2	2	-	-	8
3.3	Дилатометрия	10	-	2	2	-	-	6
3.4	Тенденции развития термического анализа.	14	-	2	2	-	-	10
	Всего часов	144	4	17	34	4	-	93

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основные методы термического анализа наноматериалов

История и этапы развития термических методов анализа. Метод Ле-Шателье. Основные виды термического анализа: термогравиметрический анализ (ТГА), дифференциально-термический анализ (ДТА) и дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Принципиальное устройство дериватографа. Основные задачи классических методов термического анализа материалов. Физико-химические основы термических методов анализа. Динамический и изотермические режимы термических методов анализа. Области применения термических методов анализа наноматериалов.

Термогравиметрический анализ. Основы метода термогравиметрического анализа. Принцип устройства прибора ТГА. Кривые ТГА. Воспроизводимость и точность метода ТГА. Влияние условия проведения эксперимента на результаты ТГА. Способы определения температурных интервалов разложения веществ, определение потерь массы.

Дифференциально-термический анализ. Основы метода дифференциально-термического анализа. Уравнение Кирхгофа. Принцип устройства прибора ДТА. Кривые ДТА. Преимущества и недостатки ДТА. Теплоперенос. Требования к эталонным образцам.

Дифференциально-сканирующая калориметрия. Области применения ДСК. Способы определения температурных интервалов разложения веществ и фазовых переходов. Количественное определение тепловых эффектов. Исследование кинетики реакций термического разложения материалов. Разница между ДТА и ДСК. Синхронный термический анализ (СТА) материалов.

Раздел 2. Практическое использование термических методов анализа наноматериалов

Аппаратурно-техническое оформление термического анализа. Типы термопар, используемых при проведении термического анализа. Тигли для проведения термического анализа. Совместимость термопар и тиглей с исследуемыми материалами. Печи – области применимости печей различной конструкции.

Экспериментальные кривые ТГ-ДСК и артефакты. Влияние скорости реакций и условия проведения эксперимента (размер тигля, формы держателя, пробы, скорости нагрева, влияние атмосферы в печи) на форму дифференциальной кривой. Источники ошибок и погрешностей при проведении термического анализа. Влияние формы тигля и возможного движения образца. Дрейф и конвекция. Артефакты, вызванные изменением внешних условий.

Применение термических методов для анализа наноматериалов. Исследование плавления наночастиц металлов с помощью термических методов анализа. СТА композиционных материалов. Исследование количественных характеристик наноматериалов методами термического анализа. Влияние различных факторов (примеси, химические взаимодействия, атмосфера печи) на точность количественного и качественного анализа.

Раздел 3. Комплексные методы анализа наноматериалов и современные тенденции развития термического анализа

Термокинетический анализ. Безаприорные и модель-обусловленные методы термокинетического анализа. Определение энергии активации реакции разложения методами Озава-Флинн-Уолла и Киссинджера. Особенности использования данных термогравиметрических и калориметрических исследований. Особенности проведения модель-обусловленного анализа.

Анализ выделившихся газов. Совмещение приборов термического анализа с ИК-Фурье и масс-спектрометрами (МС). СТА-ИК-Фурье: принцип работы и области применения. СТА-МС: принцип работы и области применения.

Дилатометрия. Характеристика метода. Определение изменений длины образцов при нагреве и охлаждении или при изотермической выдержке. Температурный контроль в дилатометре. Дроп-калориметрия. Способы определения теплоёмкости материалов.

Тенденции развития термического анализа. Основные принципы термомагнитометрии. Термосонометрия. Высокотемпературный оптический ДТА и его аналоги. Метод лазерной вспышки: принципиальное устройство прибора, физико-химические основы, примеры применения. Метод греющих плит. Высокоточное измерение тепловых потоков.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	Знать:				
1	– классификацию методов термического анализа;	+		+	
2	– физическо-химические основы термического анализа материалов;	+	+	+	
3	– устройство и принцип работы основных методов термического анализа;	+	+	+	
4	– влияние условий проведения эксперимента на результаты термических методов анализа;	+	+		
5	– возможности и области применения термических методов анализа для исследования наноматериалов	+	+	+	
	Уметь:				
6	– анализировать результаты, полученные с помощью различных методов термического анализа;	+	+	+	
7	– корректно рассчитывать физико-химические (кинетические и термодинамические) параметры по данным термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии;		+		
8	– формулировать технические требования к объектам исследования.	+	+	+	
	Владеть:				
9	– принципами проведения эксперимента и стандартными методиками анализа наноматериалов методом термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии;	+	+	+	
10	– методами термокинетического анализа.		+		
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
11	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне	+	+	+

12		ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне	+	+	+
13		ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	+	+	+
14	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	1	История и этапы развития термических методов анализа	2
2	1	Термогравиметрический анализ	2
3	1	Дифференциально-термический анализ	2
4	1	Дифференциально-сканирующая калориметрия	4
5	2	Аппаратурно-техническое оформление термического анализа	2
6	2	Экспериментальные кривые ТГ-ДСК и артефакты	4
7	2	Применение термических методов для анализа наноматериалов	6
8	3	Термокинетический анализ	6
9	3	Анализ выделившихся газов	2
10	3	Дилатометрия	2
11	3	Тенденции развития термического анализа	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине «*Термический анализ наноматериалов*» Учебным планом 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;

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 100 баллов).

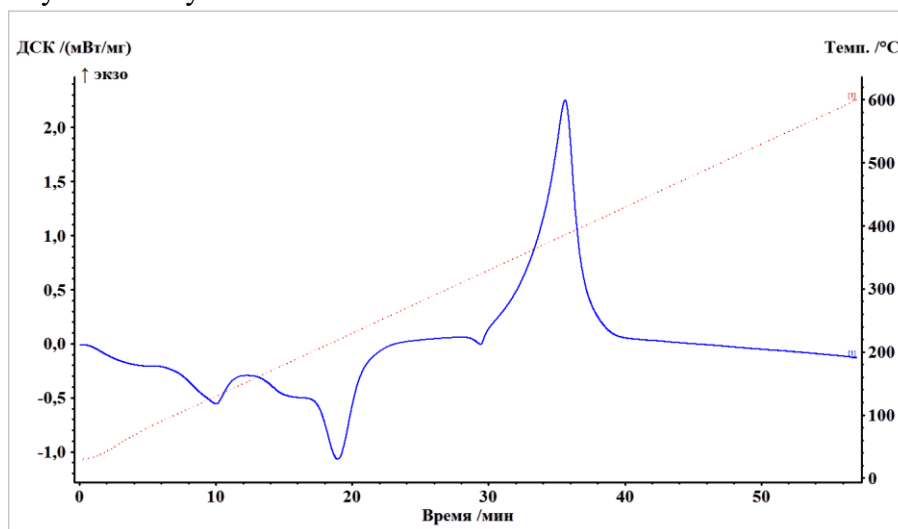
8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы

составляет по 20 баллов за каждую. Курс завершается выполнением итоговой контрольной работы (максимальная оценка – 40 баллов).

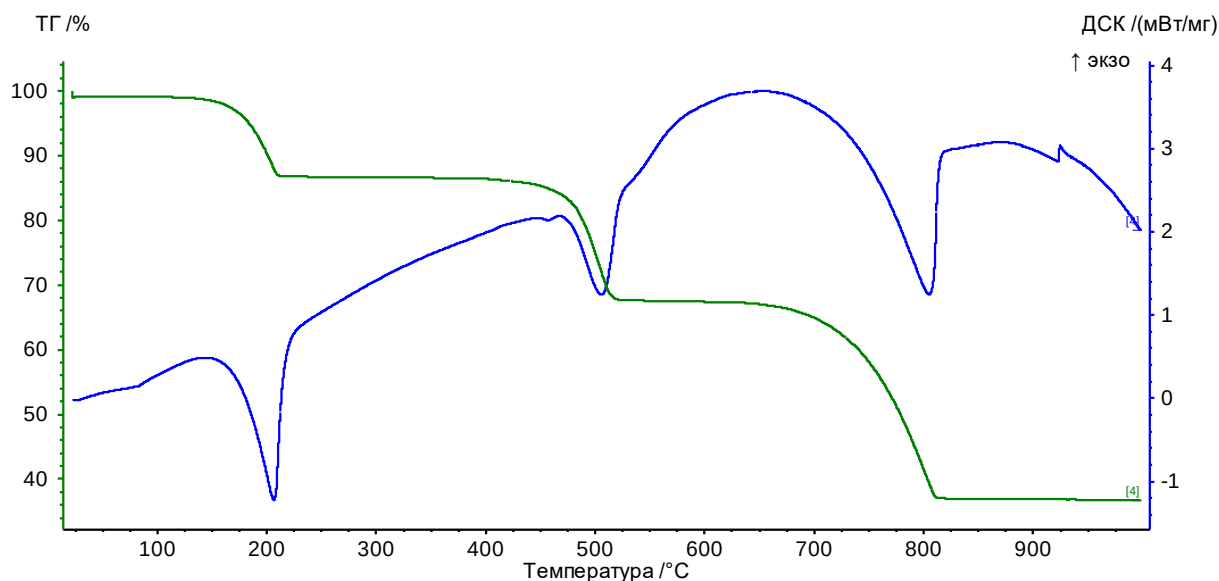
Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

1. Опишите суть метода Ле-Шателье. В чем проявляются его наиболее важные особенности?
2. В чём суть и какова необходимость процедуры калибровки приборов ДСК? Какие способы калибровок по температуре и теплоте используются на практике?
3. Какие факторы влияют на характер формы кривых ДСК? Каким образом? Попробуйте привести примеры.
4. Опишите основные аномалии наблюдаемые на представленной кривой ДСК. Чем они могут быть обусловлены?



Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

1. Источники ошибок и погрешностей в ТГ-ДСК.
2. Перечислите основные материалы, используемые при изготовлении тиглей для ДСК. Тигли из каких материалов вы бы использовали при исследовании следующих веществ Al , Au , $LiNO_3$, $CaCO_3$? Ответ аргументируйте.
3. Опишите влияние скорости реакций и условий проведения эксперимента (размер тигля, формы держателя, пробы, скорости нагрева, влияние атмосферы в печи) на форму кривой ДСК.
4. Определите количество ступеней разложения оксалата кальция и оцените их основные характеристики.



Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

1. Совмещение приборов термического анализа с ИК-Фурье и масс-спектрометрами (МС). СТА-ИК-Фурье: принцип работы и области применения.
2. СТА-МС: принцип работы и области применения
3. Термосонометрия
4. Метод греющих плит

Итоговая контрольная работа. Примеры вопросов к итоговой контрольной работе. Максимальная оценка – 40 баллов. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

1. Опишите влияние скорости реакций и условий проведения эксперимента (размер тигля, формы держателя, пробы, скорости нагрева, влияние атмосферы в печи) на форму кривой ДСК.
2. Сколько примесей может содержать вещество, чистоту которого пытаются определить методом ДСК? Какие допущения делают при проведении расчетов и насколько они обоснованы?
3. Какие проблемы могут возникнуть при определении кинетики процесса по данным единичного измерения?
4. Как будет выглядеть ДСК-кривая для капли воды в открытом тигле, тигле с крышкой с дыркой и полностью герметичном тигле для интервала измерения -50 – 150 °C?

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

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Термомеханический и динамический механический анализ полимеров [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.В. Олихова. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. – 95 с. : ил.; 5,6 усл. печ. л. – Библиогр.: с. 92-95.
2. Шипина О.Т. Термический анализ в изучении полимеров: учебное пособие/ О.Т. Шипина, В.К. Мингазова, В.А. Петров, А.В. Косточко. – М-во образ.и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – 99 с.

Б. Дополнительная литература

1. Ярышев Н. Г., Панкратов Д. А., Токарев М. И., Камкин Н. Н., Родякина С. Н. Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе: Учебное пособие. – М.: МПГУ, 2012. – 160 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

- Журнал «Journal of Thermal Analysis and Calorimetry» ISSN 1388-6150
- Журнал «International Journal of Thermal Sciences» ISSN 1290-0729
- Журнал «Журнал неорганической химии» ISSN 0044-457X

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://science-direct.com>
- <http://scopus.com>
- <http://elibrary.ru>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 8, (общее число слайдов – более 100);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 20);

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 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 «*Термический анализ наноматериалов*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам лекционного курса и практическим занятиям.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

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	-	бессрочно

		от 02.12.2013		
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Введение в методы термического анализа наноматериалов	<i>Знает:</i> - классификацию методов термического анализа; - физическо-химические основы термического анализа материалов; - устройство и принцип работы основных методов термического анализа; - влияние условий проведения эксперимента на результаты термических методов анализа; - возможности и области применения термических методов анализа для исследования наноматериалов. <i>Умеет:</i> - анализировать результаты, полученные с помощью различных методов термического анализа; - формулировать технические требования к объектам исследования. <i>Владеет:</i> - принципами проведения эксперимента и стандартными методиками анализа наноматериалов методом термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии; - методами термокинетического анализа.	Оценка за контрольную работу №1 Оценка за итоговую контрольную работу.
Раздел 2. Комплексные методы анализа наноматериалов	<i>Знает:</i> - физическо-химические основы термического анализа материалов; - устройство и принцип работы основных методов термического анализа; - влияние условий проведения эксперимента на результаты термических методов анализа; - возможности и области применения термических методов анализа для исследования наноматериалов. <i>Умеет:</i> - анализировать результаты, полученные с помощью различных методов термического анализа; - корректно рассчитывать физико-химические (кинетические и термодинамические) параметры по данным термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии; - формулировать технические требования к объектам исследования.	Оценка за контрольную работу №2 Оценка за итоговую контрольную работу.

	<i>Владеет:</i> - принципами проведения эксперимента и стандартными методиками анализа наноматериалов методом термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии; - методами термокинетического анализа.	
Раздел 3. Современные тенденции и направления развития термических методов анализа веществ и материалов	<i>Знает:</i> - классификацию методов термического анализа; - физическо-химические основы термического анализа материалов; - устройство и принцип работы основных методов термического анализа; - возможности и области применения термических методов анализа для исследования наноматериалов. <i>Умеет:</i> - анализировать результаты, полученные с помощью различных методов термического анализа; - формулировать технические требования к объектам исследования. <i>Владеет:</i> - принципами проведения эксперимента и стандартными методиками анализа наноматериалов методом термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии; - методами термокинетического анализа.	Оценка за контрольную работу №3 Оценка за итоговую контрольную работу.

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
«Термический анализ наноматериалов»
основной образовательной программы
 28.04.03 Наноматериалы
 магистерская программа
 «Химическая технология наноматериалов»
 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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Техника научного перевода»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

Зав. кафедрой иностранных языков, к.филол.н, к.э.н., доцентом Кузнецовым И.А.,
Профессором, д.п.н., к.х.н. Кузнецовой Т.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры иностранных языков
«30» июня 2025 г., протокол № 10.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Иностранных языков** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Техника научного перевода»** относится к факультативным дисциплинам учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области иностранного языка и навыки, приобретенные в ходе изучения дисциплины «Иностранный язык».

Цель дисциплины – приобретение обучающимися общей, коммуникативной и профессиональной компетенций, уровень которых на отдельных этапах языковой подготовки позволяет выполнять различные виды профессионально ориентированного перевода в производственной и научной деятельности.

Задачи дисциплины:

- подготовка к профессионально-ориентированному переводу научно-технических специальных текстов путем создания у студентов пассивного и активного запаса лексики, в том числе общенаучной и специальной терминологии, необходимой для перевода научно-технических текстов по выбранной специальности;
- отработка грамматических тем, представляющих сложности при переводе в паре языков русский - английский;
- формирование базовых навыков перевода, на основе рекомендованных в программе учебников и учебных пособий по иностранным языкам для химических вузов.

Дисциплина **«Техника научного перевода»** преподается во 2 семестре (очная форма обучения). 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
Коммуникации	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.).

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные способы достижения эквивалентности в переводе;
- основные приемы перевода;
- языковую норму и основные функции языка как системы;
- достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий;

Уметь:

- применять основные приемы перевода;
- осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм;
- оформлять текст перевода в компьютерном текстовом редакторе;
- осуществлять перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм текста перевода и темпоральных характеристик исходного текста;

Владеть:

- методикой предпереводческого анализа текста, способствующей точному восприятию исходного высказывания;
- методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной, специальной литературе и компьютерных сетях;
- основами системы сокращенной переводческой записи при выполнении перевода;
- основной иноязычной терминологией специальности;
- основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,9	34	25,5
Практические занятия (ПЗ)	0,9	34,0	25,5
Самостоятельная работа	1,1	38,0	28,5
Контактная самостоятельная работа	1,1	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		37,8	28,35
Виды контроля:	Зачет		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Лаб. рабо- ты	Сам. рабо- та
1.	Раздел 1. Требования к профессионально-ориентированному переводу. Особенности перевода специальных текстов	24	-	12	-	12
1.1	Основные требования к профессионально-ориентированному переводу и понятие информационного поля. Специфика профессионально-ориентированных текстов. Эквивалентность, адекватность, переводимость специальных текстов.	12	-	6	-	6
1.2	Техническая терминология: характеристики. Терминология в области информационных систем в цифровой экономике. Обеспечение терминологической точности и единообразия. Способы накопления и расширения словарного запаса в процессе перевода Сравнение порядка слов в английском и русском предложениях. Изменение структуры предложения при переводе.	12	-	6	-	6
2.	Раздел 2. Лексико-грамматические проблемы перевода специальных текстов	24	-	12	-	12
2.1	Проблема неоднозначности перевода видовременных форм и ее решение. Особенности перевода различных типов предложений. Перевод страдательного залога. Трудные случаи перевода страдательного залога.	6	-	3	-	3
2.2	Условные предложения, правила и особенности их обратного перевода. Практика перевода научно-технической литературы на примере текстов по теме «Химическая технология наноматериалов».	6	-	3	-	3
2.3	Перевод предложений с учетом правила согласования времен. Перевод причастия и причастных оборотов. Развитие навыков перевода на примере текстов по теме «Химическая технология наноматериалов».	6	-	3	-	3

2.4	Роль инфинитива в предложении и варианты перевода на русский язык. Инфинитивные обороты. Варианты перевода на русский язык.	6	-	3	-	3
3.	Раздел 3. Интернет и ИКТ в профессионально -ориентированном переводе	24	-	10	-	14
3.1	Системы автоматизации перевода (Computer Assisted Translation Tools). Информационный и лингвистический поиск в Интернет.	12	-	6	-	6
3.2	Работа с электронными словарями и глоссариями. Редактирование текста профессионально-ориентированного перевода.	12	-	4	-	8
	ИТОГО	72	-	34	-	38

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Требования к профессионально-ориентированному переводу. Особенности перевода специальных текстов

1.1. Основные требования к профессионально-ориентированному переводу и понятие информационного поля. Специфика профессионально-ориентированных текстов. Эквивалентность, адекватность, переводимость специальных текстов.

1.2. Техническая терминология: характеристики.

Терминология в области технологии высокотемпературных функциональных материалов. Обеспечение терминологической точности и единообразия. Способы накопления и расширения словарного запаса в процессе перевода Сравнение порядка слов в английском и русском предложениях. Изменение структуры предложения при переводе.

Раздел 2. Лексико-грамматические проблемы перевода специальных текстов

2.1. Проблема неоднозначности перевода видовременных форм и ее решение. Особенности перевода различных типов предложений. Перевод страдательного залога. Трудные случаи перевода страдательного залога.

2.2. Условные предложения, правила и особенности их обратного перевода. Практика перевода научно-технической литературы на примере текстов по технологии высокотемпературных функциональных материалов.

2.3. Перевод предложений с учетом правила согласования времен. Перевод причастия и причастных оборотов. Развитие навыков перевода на примере текстов по технологии высокотемпературных функциональных материалов.

2.4. Роль инфинитива в предложении и варианты перевода на русский язык. Инфинитивные обороты. Варианты перевода на русский язык.

Раздел 3. Интернет и ИКТ в профессионально -ориентированном переводе.

3.1. Системы автоматизации перевода. (Computer Assisted Translation Tools). Информационный и лингвистический поиск в Интернет.

3.2. Работа с электронными словарями и глоссариями. Редактирование текста профессионально-ориентированного перевода.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	– основные способы достижения эквивалентности в переводе;	+	+	+
2	– основные приемы перевода;	+		
3	– языковую норму и основные функции языка как системы;	+	+	
4	– достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий;	+	+	+
	Уметь:			
5	– применять основные приемы перевода;	+	+	+
6	– осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм;	+	+	+
7	– оформлять текст перевода в компьютерном текстовом редакторе;		+	+
8	– осуществлять перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм текста перевода и темпоральных характеристик исходного текста		+	+
	Владеть:			
9	– методикой предпереводческого анализа текста, способствующей точному восприятию исходного высказывания;		+	+
10	– методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной, специальной литературе и компьютерных сетях;	+	+	+
11	– основами системы сокращенной переводческой записи при выполнении перевода;		+	+
12	– основной иноязычной терминологией специальности;		+	+
13	– основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.			+
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		

14	– 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.).	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Очная форма обучения

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1.	Раздел 1	Практическое занятие 1. Основные требования к профессионально-ориентированному переводу и понятие информационного поля. Специфика профессионально-ориентированных текстов. Эквивалентность. адекватность, переводимость специальных текстов.	6
2.	Раздел 1	Практическое занятие 2. Техническая терминология: характеристики. Терминология в области технологии высокотемпературных функциональных материалов Обеспечение терминологической точности и единообразия. Способы накопления и расширения словарного запаса в процессе перевода Сравнение порядка слов в английском и русском предложениях. Изменение структуры предложения при переводе.	6
3.	Раздел 2	Практическое занятие 3. Проблема неоднозначности перевода видовременных форм и ее решение. Особенности перевода различных типов предложений. Перевод страдательного залога. Трудные случаи перевода страдательного залога.	3
4.	Раздел 2	Практическое занятие 4. Условные предложения, правила и особенности их обратного перевода. Практика перевода научно-технической литературы на примере текстов по технологии высокотемпературных функциональных материалов.	3
5.	Раздел 2	Практическое занятие 5. Перевод предложений с учетом правила согласования времен. Перевод причастия и причастных оборотов. Развитие навыков перевода на примере текстов по технологии высокотемпературных функциональных материалов.	3
6.	Раздел 2	Практическое занятие 6. Роль инфинитива в предложении и варианты перевода на русский язык. Инфинитивные обороты. Варианты перевода на русский язык.	3
7.	Раздел 3	Практическое занятие 7. Системы автоматизации перевода (Computer Assisted Translation Tools). Информационный и лингвистический поиск в Интернет.	6
8.	Раздел 3	Практическое занятие 8. Работа с электронными словарями и глоссариями. Редактирование текста профессионально-ориентированного перевода.	4

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** (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 60 баллов), оценки за реферат (максимальная оценка 10 баллов) и оценки за практическую работу (максимальная оценка 30 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

1. Основы природопользования
2. Экологический мониторинг
3. Техногенные системы и экологический риск
4. Основы промышленной экологии
5. Основные проблемы химии устойчивого развития

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольную работу 1 составляет: 20 баллов; за контрольную работу 2 – 20 баллов; за контрольную работу 3 – 20 баллов (1 семестр).

Раздел 1. Контрольная работа № 1.

Примеры заданий к контрольной работе № 1.

Контрольная работа содержит 3 задания:

1 задание: перевод текста с листа – 10 баллов,

2 задание: контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

3 задание: письменный перевод предложений на видовременные формы английского глагола – 5 баллов,
оценка за домашнюю работу и работу в аудитории – 10 баллов.

1. Прочитайте текст с последующим переводом с листа, обращая внимание на употребление видовременных форм глагола в действительном залоге.

Water purification

Water purification is the removal of contaminants from raw water to produce drinking water that is pure enough for human consumption or for industrial use. Substances that are removed during the process include parasites, bacteria, algae, viruses, fungi, minerals (including toxic metals such as Lead, Copper etc.), and man-made chemical pollutants. Many contaminants can be dangerous—but depending on the quality standards, others are removed to improve the water's smell, taste, and appearance. A small amount of disinfectant is usually intentionally left in the water at the end of the treatment process to reduce the risk of re-contamination in the distribution system. Many environmental and cost considerations affect the location and design of water purification plants. There are a number of methods commonly used to purify water. Their effectiveness is linked to the type of contaminant being treated and the type of application the water will be used for.

Filtration: This process can take the form of any of the following:

- Coarse filtration: Also called particle filtration, it can utilize anything from a 1 mm sand filter, to a filter.
- Micro filtration: Uses 1 to 0.1 micron devices to filter out bacteria. A typical implementation of this technique can be found in the brewing process.
- Ultra filtration: Removes pyroxenes, DNA and RNA fragments.
- Reverse osmosis: Often referred to as RO, reverse osmosis is the most refined degree of liquid filtration. Instead of a filter, it uses a porous material acting as a unidirectional sieve that can separate molecular-sized particles.

Distillation: Oldest method of purification. Inexpensive but cannot be used for an on-demand process. Water must be distilled and then stored for later use, making it again prone to contamination if not stored properly. Activated carbon adsorption: Operates like a magnet on chlorine and organic compounds. Ultraviolet radiation: At a certain wavelength, this might cause bacteria to be sterilized and other micro organics to be broken down. Deionization: Also known as ion exchange, it is used for producing purified water on-demand, by passing water through resin beds. Negatively charged (cationic) resin removes positive ions, while positively charged one (anionic) removes negative ions. Continuous monitoring and maintenance of the cartridges can produce the purest water.

2. Контроль лексики – 50 лексических единиц.

3. Перевод предложений на пройденный лексико-грамматический материал

The students were writing down all the data during the experiment.

The researchers will complete the experimental part of their investigation in a week.

They had already completed the experiment when he came.

This technician will have installed the new equipment in our lab by the beginning of the new year.

The production of zinc occurred much later than that of the other common metals.

A number of scientists have confirmed this suggestion.

That matter may exist in three physical states (solid, liquid and gas) is common knowledge.

According to the wave theory, light consists of rapid vibrations.

In the course of his investigations of the solar spectrum, Kirchhoff obtained a number of fundamental results.

In 1911, Ernest Rutherford put forward a model of the atom according to which the atom consists of a small, heavy, charged central nucleus surrounded by a charge distribution of the opposite sign.

Раздел 2. Контрольная работа № 2.

Примеры заданий к контрольной работе № 2.

Контрольная работа содержит 5 заданий:

1 задание: Устный перевод текста – 10 баллов,

2 задание: письменный перевод 10 предложений (без словаря) – 5 баллов,

3 задание: Контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

оценка за домашнюю работу и работу в аудитории – 10 баллов.

1. Прочитайте текст с последующим переводом с листа, обращая внимание на употребление видовременных форм глагола в страдательном залоге и на инфинитивные конструкции.

Solid wastes are generally composed of non-biodegradable and non-compostable biodegradable materials. The latter refer to solid wastes whose biodeterioration is not complete; in the sense that the enzymes of microbial communities that feed on its residues cannot cause its disappearance or conversion into another compound. Parts of liquid waste materials are also considered as solid wastes, where the dredging of liquid wastes will leave solid sedimentation, to which proper waste management techniques should also be applied. Solid waste pollution is when the environment is filled with non-biodegradable and non-compostable biodegradable wastes that are capable of emitting greenhouse gases, toxic fumes, and particulate matters as they accumulate in open landfills. These wastes are also capable of leaching organic or chemical compositions to contaminate the ground where such wastes lay in accumulation. Solid wastes carelessly thrown in streets, highways, and alleyways can cause pollution when they are carried off by rainwater run-offs or by flood water to the main streams, as these contaminating residues will reach larger bodies of water.

2. Письменно переведите предложения (без словаря):

The engine to be installed in this car is very powerful.

Most scientists expect major development in the nearest future to take place in biology.

One will naturally think such course of events to be disastrous not only for science but for future of mankind.

He is not only critical of the work of others, but also of his own, since he knows the man to be the least reliable of scientific instruments.

The theory suggested by Dr. McCarty is reported to fit the experimental data.

For any natural physical state to change, some changes of the condition acting upon this state must occur.

We know acids and bases to be extremely useful substance.

In this experiment scientists seemed to have included some new compounds.

To understand the nature of this phenomenon was very difficult.

The purpose of this experiment is to find a solvent for this mixture.

3. Контроль лексики – 50 лексических единиц

Контрольная работа №3. Примеры заданий к контрольной работе №3.

Контрольная работа №3 содержит 3 задания:

1 задание: перевод статьи и составление к ней аннотации – 10 баллов,

2 задание: письменный перевод предложений, содержащих пройденные грамматические конструкции – 5 баллов,

3 задание: контроль лексики (50 лексических единиц) – 5 баллов,

оценка за домашнюю работу и работу в аудитории – 10 баллов.

1. Переведите статью и составьте к ней аннотацию:

What Are the Causes of Solid Waste Pollution?

Causes of solid waste pollution are pollutants from households, industrial units, manufacturing units, commercial establishments, landfills, hospitals and medical clinics. The

pollutants from these places may be in the form of non-biodegradable matter or non-compostable degradable matter.

Trash collected from households often takes the form of plastic bags and organic waste. Solid feces flowing out of homes and into sewers pollute underground water. Commercial establishments also pile up a lot of such waste matter. Industrial units involved in manufacturing produce toxic solid waste, such as slag, from the industrial process of obtaining metals from their ores.

Hospitals and clinics also produce waste in the form of disposable syringes, used test tubes, plastic bags used for collecting blood, cotton swabs and used bandages. Such solid waste needs careful handling and disposal. The soil becomes polluted with dangerous medical waste when such matter is disposed of directly into landfills.

Solid waste is usually dumped in landfills. Landfills are large pits in the ground that act as garbage disposal places. The biodegradable matter in landfills becomes a part of the soil gradually. The toxic non-biodegradable and non-compostable matter poses a health hazard as it does not decompose but mixes with the soil and the underground water.

Industrial incinerators are used to burn trash on a large scale. They cause pollution by emitting greenhouse gases while burning solid waste.

Recycling reduces pollution by cutting down on the amount of waste that sits in landfills and clutter that dirties streets, parks, roadsides, rivers and lakes. Solid waste material that ends up in landfills causes air pollution in the form of methane gas emissions. Recycling more waste reduces the amount of methane that escapes into the air. Recycling also reducing the production of virgin resources which process contributes to pollution.

When products such as glass, paper, plastic, wood and metals are thrown away and left to rot in a landfill, their presence leads to increased pollution. Likewise, trash that is thrown on the ground by pedestrians and motorists increases pollution. That debris scatters about and becomes an eyesore and environmental hazard.

Reclaiming city streets, parks, highways and waterways from the pollution created by trash and debris is a major priority for most cities across the United States. Pollution must constantly be monitored so that it does not get out of control and become overly destructive to the environment. When people are careless with trash, their behavior can ruin land and important waterways.

In a world that is increasingly crowded, recycling is crucial in order to prevent the further sprawl of toxic landfills that threaten the delicate balance of the ecosystem. Support the planet by separating recyclable materials into bins or taking materials to recycling centers.

2. Письменно переведите предложения (без словаря)

1. The phlogiston theory is a theory that postulated that a fire-like element called phlogiston is contained within combustible bodies and released during combustion.

2. The theory attempted to explain burning processes such as combustion and rusting, which are now collectively known as oxidation.

3. The theory of phlogiston was suggested by the German Georg Ernst Stahl in the early 18th century

4. Phlogiston remained the dominant theory until the 1780s when Lavoisier showed that combustion requires a gas that has mass (oxygen) and could be measured by means of weighing closed vessels

5. The development of the electrochemical theory of chemical combinations occurred in the early 19th century as the result of the work of two scientists in particular.

6. Davy discovered nine new elements including the alkali metals by extracting them from their oxides with electric current.

7. The current model of atomic structure is the quantum mechanical model.

8. Traditional chemistry starts with the study of elementary particles, atoms, molecules, substances, metals, crystals and etc.

9. This matter can be studied in solid, liquid, or gas states, in isolation or in combination.

10. The interactions, reactions and transformations that are studied in chemistry are usually the result of interactions between atoms, leading to rearrangements of the chemical bonds which hold atoms together.

3. Контроль лексики – 50 лексических единиц

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – зачет).

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

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

8.4. Структура и примеры билетов для зачета (2 семестр).

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Английский язык для химиков – технологов: учебно-методический комплекс в 2 ч.: учеб. пособие/. Кузнецова Т. И. Воловикова Е. В. Кузнецов И. А.; под ред. Т. И. Кузнецовой – М.: М. РХТУ, 2021 г. - 412 с.

2. Кузнецов, И. А., Кузнецова, Т. И., Дистанционный образовательный электронный курс «Английский язык для профессиональной коммуникации» размещённый в ЭСУО Moodle [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. А. Кузнецов, Т. И. Кузнецова — Электрон. дан. — Москва: РХТУ, 2018.

3. Кузьменкова, Ю. Б. Английский язык для технических направлений (А1): учебное пособие для вузов / Ю. Б. Кузьменкова. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 207 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11608-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/495261> (дата обращения: 08.02.2024).

4. Беляева, И. В. Иностранный язык в сфере профессиональной коммуникации: комплексные учебные задания [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. В. Беляева, Е. Ю. Нестеренко, Т.И. Сорогина. — Электрон. дан. — Москва: ФЛИНТА, 2017. — 132 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92749>.

5. Английский язык для естественно-научных направлений: учебник и практикум для вузов / Л. В. Полубиченко, Е. Э. Кожарская, Н. Л. Моргун, Л. Н. Шевырдяева; под редакцией Л. В. Полубиченко. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 311 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15168-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489569> (дата обращения: 08.02.2024).

Б. Дополнительная литература

1. Англо-русский словарь химико-технологических терминов / Е. С. Бушмелева, Л. К. Генг, А. А. Карпова, Т. П. Рассказова. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 132 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08001-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493385> (дата обращения: 08.02.2024).

2. Стогниева, О. Н. Английский язык для ИТ-направлений. English for Information Technology: учебное пособие для вузов / О. Н. Стогниева. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 143 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07849-7. — Текст:

электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492791> (дата обращения: 08.02.2024).

3. Краснова, Т. И. Английский язык для специалистов в области интернет-технологий. English for Internet Technologies: учебное пособие для вузов / Т. И. Краснова, В. Н. Вичугов. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 205 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8573-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490272> (дата обращения: 08.02.2024).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

— Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

— Презентации к лекциям.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

— <http://www.openet.ru> — Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ;

— <http://window.edu.ru/> — Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»;

— <http://fepo.i-exam.ru> — ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС;

— <https://muctr.ru> — Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, D.Mendeleev University of Chemical Technology of Russia. Учебные планы и программы;

— <http://www.translators-union.ru> — портал Союз переводчиков России (СПР);

— <http://www.russian-translators.ru> — Национальная лига переводчиков;

— <http://www.internationalwriters.com> — The Translator's Tool Box.

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

— <http://doaj.org/> — Directory of Open Access Journals (DOAJ); ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира;

— <https://www.doabooks.org/> — Directory of Open Access Books (DOAB); в базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами;

— <https://www.biomedcentral.com/> — BioMed Central; база данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе;

— <https://arxiv.org/> — электронный ресурс arXiv; крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. Имеется подробный тематический каталог и возможность поиска статей по множеству критериев;

— <http://www.mdpi.com/> — коллекция журналов MDPI AG; междисциплинарный цифровой издательский ресурс, является платформой для рецензируемых научных журналов открытого доступа, издающихся MDPI AG (Базель, Швейцария). Издательство выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе;

— <http://www.intechopen.com/> — издательство с открытым доступом InTech; первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни;

— <http://www.chemspider.com/> — база данных химических соединений ChemSpider; ChemSpider — это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry);

- <http://journals.plos.org/plosone/> – Коллекция журналов PLOS ONE; PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. Все журналы размещены в свободном доступе (Open Access), все статьи проходят строгое научное рецензирование;
- <http://www.uspto.gov/> – US Patent and Trademark Office (USPTO); Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. по настоящее время;
- <http://worldwide.espacenet.com/> – Espacenet - European Patent Office (EPO); Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.
- http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru – Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС).
Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:
- Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
- Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
- Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
- Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных практических занятий;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов -300);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов 300).
- онлайн-курсы на портале study.muctr.ru "Английский язык для профессиональной коммуникации" (<https://study.muctr.ru/course/view.php?id=220>), межфакультетский образовательный онлайн курс «Теория и практика перевода» (<https://study.muctr.ru/course/view.php?id=217>), аудиозаписи текстов, предусмотренных в программе для чтения и перевода в процессе обучения.

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 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 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 «*Иностранный язык*» проводятся в форме практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет. Компьютерный класс, оргтехника, теле-, аудио - и видеоаппаратура; мультимедийный проектор, широкоформатный экран.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Комплекты плакатов к разделам занятий.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

- информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам занятий;
- электронные презентации к разделам занятий; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде;
- кафедральная библиотека электронных изданий и диссертационных работ, выполненных аспирантами и сотрудниками кафедры.

Электронные информационные ресурсы, доступные пользователям
РХТУ им. Д.И. Менделеева
в 2025 году (2 квартал)

Фонд ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

№	Электронный ресурс	Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором

1.	Электронно - библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И. Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)	Принадлежность – собственная РХТУ. Ссылка на сайт ЭБС – http://lib.muctr.ru/ Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера	Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП.
2.	CAS SciFinder Discovery Platform	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 327 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://scifinder-n.cas.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	CAS SciFinder Discovery Platform - платформа, созданная Chemical Abstracts Service подразделением Американского химического общества. CAS SciFinder - онлайн-сервис, обеспечивающий поиск и анализ информации в области химии, биохимии, фармацевтики, генетики, химической инженерии, материаловедения, нанотехнологий, физики, геологии, металлургии и других смежных дисциплин.
3.	Wiley Journals Database	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 326, 329 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://onlinelibrary.wiley.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа: https://www.wiley.com/en-us/customer-success/brightcove-research-training/how-to-access-wiley-online-library-content-remotely	John Wiley & Sons, Inc. – крупнейшее академическое издательство с мультидисциплинарным контентом. В портфолио издательства более 1600 научных рецензируемых журналов, 22 000 книг и монографий, а также 250 справочников и энциклопедий. Wiley Journal Database и Wiley Journal Backfiles – полнотекстовые коллекции, которые включают в себя как текущие, так и архивные выпуски из более чем 1700 журналов издательства, охватывающие такие области как гуманитарные, естественные, общественные и технические науки, а также сельское хозяйство, медицину и здравоохранение. Глубина доступа: 1997 - 2004 гг. (до 30.06.2025 г.); 2025 г. (бессрочно)

4.	Questel. База данных Orbit Premium edition	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 25.04.2025 г. № 310 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.orbit.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ к ресурсу только через SAML (Security Assertion Markup Language) аутентификацию.	Orbit Premium edition (Orbit Intelligence Premium) – база данных патентного поиска, объединяющая информацию о более чем 122 миллионах патентных публикаций, полученную из 120 международных патентных ведомств, включая РосПатент, Всемирную организацию интеллектуальной собственности (ВОИС), Европейскую патентную организацию. База включает не только зарегистрированные патенты, но и документы от стадии заявки до регистрации. Большинство документов содержат аннотации на английском языке, полные тексты документов приводятся на языке оригинала.
5.	Электронные ресурсы издательства SAGE Publications eBook Collections	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 30.10.2022 г. № 1403 С 01.11.2022.г. – бессрочно Ссылка на сайт – https://sk.sagepub.com/books/discipline Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	eBook Collections - полнотекстовая коллекция электронных книг (монографий) издательства SAGE Publications по различным областям знаний. Глубина доступа: 1984 - 2021 гг.

6.	World Scientific Publishing Co Pte Ltd. База данных World Scientific Complete eJournal Collection	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 15.06.2023 г. № 883 С 01.11.2022.г. до 01.06.2025 г. Ссылка на сайт- https://www.worldscientific.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	World Scientific Complete eJournal Collection – мультидисциплинарная полнотекстовая коллекция журналов международного научного издательства World Scientific Publishing, которая охватывает такие тематики, как математика, физика, компьютерные науки, инженерное дело, науки о жизни, медицина и социальные науки. Особое внимание в коллекции уделено исследованиям Азиатско-тихоокеанского региона, которые объединены в группу журналов Asian Studies. Глубина доступа: 2001-2025
7.	Электронные ресурсы Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1948 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Springer Journals – полнотекстовая политематическая коллекция журналов издательства Springer по различным отраслям знаний, которая включает более 2 900 наименований журналов по дисциплинам: Глубина доступа: 1997 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	Nature Journals – полнотекстовая коллекция журналов издательства Nature Publishing Group, входящего в группу компаний Springer Nature, включающая журналы издательств Nature, Academic journals, Scientific American и Palgrave Macmillan. Глубина доступа: 2007 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	Adis Journals – полнотекстовая коллекция журналов и информационных бюллетеней издательства Adis, размещенная на платформе Springer Nature. Коллекция включает 19 рецензируемых журналов по медицине, биомедицине и фармакологии. Глубина доступа: 2020 - 2024 гг.

		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
8.	Электронные ресурсы Springer Nature Physical Sciences & Engineering Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals – база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематические коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы Nature Publishing Group, а именно Nature journals (год издания - 2024 г.) тематической коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе: https://www.nature.co
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	
9.	Электронные ресурсы Springer Nature Social Sciences Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- http://link.springer.com/	1. Springer Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Бессрочно Ссылка на сайт- https://www.nature.com	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2034 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: https://link.springer.com/
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	

10.	База данных 2021, 2023 eBook Collections Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 02.08.2022 г. № 1045 Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1947 Бессрочно Ссылка на сайт http://link.springer.com/ О настройках удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства. Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Springer eBook Collections – полнотекстовая архивная коллекция электронных книг издательства Springer Nature на английском языке по различным отраслям знаний. Глубина доступа: 2005 - 2010 гг.; 2018 - 2024 гг.
11.	Электронные ресурсы AIPP Digital Archive издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1945 Бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен	AIPP Journal Collection – база данных, содержащая архивную полнотекстовую коллекцию из 29 журналов и сборников конференций издательства American Institute of Physics Publishing. в области прикладной физики и смежных областях знания. Глубина доступа: 1929-1998 гг.
12.	Электронные ресурсы AIPP E- Book Collection I + Collection II издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 31.10.2022 г. № 1404 С 01.11.2022 г. – бессрочно Ссылка на сайт- https://scitation.org/ebooks Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен	AIPP Ebook Collection I + AIPP Ebook Collection II – полнотекстовые коллекции книг издательства American Institute of Physics Publishing в области прикладной и химической физики, биологии, энергетики, оптики, фотоники, материаловедения и нанотехнологий и др. Глубина доступа: 2020 - 2022 гг.

13.	Bentham Science Publishers База данных Journals	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 24.08.2022 г. № 1136 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bypublication С инструкцией по настройке удаленного доступа можно ознакомиться по ссылке Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Bentham journal collection – полнотекстовая коллекция журналов издательства Bentham Science, которое публикует научные, технические и медицинские издания, охватывающие различные области от химии и химической технологии, инженерии, фармацевтических исследований и разработок, медицины до социальных наук. Глубина доступа: 2000 - 2021 гг. (до 01.06.2025 г.); 2022 - 2025 гг.
14.	Bentham Science Publishers База данных eBooks	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 08.09.2022 г. № 1217 Бессрочно Ссылка на сайт – https://eurekaselect.com/bybook Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP- адресам неограничен.	Books – полнотекстовая коллекция электронных книг издательства Bentham Science Publishers, в которую включены издания по следующим областям науки: химия, физика, материаловедение, астрономия, оптика, фотоника, энергетика, инженерия, математика, статистика, информатика и вычислительная техника, медицина, фармакология, окружающая среда, бизнес, экономика, финансы и др. Глубина доступа: 2004 - 2022 гг.

15.	EBSCO eBook	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 28.04.2023 г. № 708 Бессрочно Ссылка на сайт – https://web.p.ebscohost.com/ehost/search/basic?vid=0&sid=d6f3a513-2512-4b52-bd8c-4ff40c184aed%40redis Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ по индивидуальной регистрации.	EBSCO eBooks – полнотекстовая междисциплинарная коллекция, которая включает более 5000 электронных книг от ведущих научных и университетских издательств и охватывает широкий спектр тем: бизнес, всемирная история, инженерия, литературоведение, медицина, образование, политология, религия, социальные науки, технологии, философия, экономика, языковедение и др. Глубина доступа: 2011 - 2023 гг.
16.	Научные журналы РАН	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.10.2024 г. № 1080 Бессрочно Ссылка на сайт – https://journals.rcsi.science/ Доступ осуществляется на основе IP-адресов университета и персональной регистрации	Полнотекстовая коллекция журналов Российской академии наук включает 141 наименование журналов, охватывающих различные научные специальности. Глубина доступа: 2023-2025 Бессрочно

Бесплатные архивные коллекции, приобретенные Минобрнауки для вузов.

[Архив Издательства American Association for the Advancement of Science. Пакет «Science Classic» 1880-1996](#)

[Архив Издательства Annual Reviews. Пакет «Full Collection» 1932-2005](#)

[Архив издательства Института физики \(Великобритания\). Пакет «Historical Archive 1874-1999» с первого выпуска каждого журнала по 1999, 1874-1999](#)

[Архив издательства Nature Publishing Group. Пакет «Nature» с первого выпуска первого номера по 2010, 1869-2010](#)

[Архив издательства Oxford University Press. Пакет «Archive Complete» с первого выпуска каждого журнала по 1995, 1849-1995](#)

[Архив издательства Sage. Пакет «2010 SAGE Deep Backfile Package» с первого выпуска каждого журнала по 1998, 1890-1998](#)

[Архив издательства Taylor & Francis. Full Online Journal Archives. с первого выпуска каждого журнала по 1996, 1798-1997](#)

[Архив издательства Cambridge University Press. Пакет «Cambridge Journals Digital Archive \(CJDA\)» с первого выпуска каждого журнала по 2011, 1827-2011](#)

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>
Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.
2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>
В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.
3. BioMed Central <https://www.biomedcentral.com/> База данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе.
3. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>
Крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. критериев.
4. Коллекция журналов MDPI AG <http://www.mdpi.com/>
Многодисциплинарный цифровой издательский ресурс выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе.
5. Издательство с открытым доступом InTech <http://www.intechopen.com/>
Первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни.
6. База данных химических соединений ChemSpider <http://www.chemspider.com/>
ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry).
7. Коллекция журналов PLOS ONE <http://journals.plos.org/plosone/>
PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. рецензирование.
8. US Patent and Trademark Office (USPTO) <http://www.uspto.gov/>
Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. По настоящее время.
9. Espacenet - European Patent Office (EPO) <http://worldwide.espacenet.com/>
Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.
10. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС)
http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru
Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:
 - Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
 - Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
 - Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
 - Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня
11. The Association for Computing Machinery (ACM) – международное некоммерческое профессиональное сообщество, основанное в 1947 году, объединяющее преподавателей, исследователей и специалистов в области вычислительной техники, информационных и компьютерных технологий. Ссылка на ресурс: <https://dl.acm.org> Ссылка на раздел Open access: <https://www.acm.org/publications/openaccess>

12. Annual Reviews – некоммерческая академическая издательская компания, выпускающая журналы с 1932 года.

В портфолио издательства 51 журнал, тематика которых охватывает области естественных и социальных наук, наук о жизни, биомедицину, экономику и др.

Ссылка на ресурс: <https://www.annualreviews.org/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.annualreviews.org/S2O>

13. Cambridge University Press – старейшее в мире университетское издательство, публикующее исследовательские работы, справочные и учебные материалы по широкому кругу дисциплин. Контент издательства представлен на онлайн-платформе Cambridge Core, на которой доступно 117 журналов и 372 книги открытого доступа, 317 журналов гибридного доступа.

Ссылка на ресурс: <https://www.cambridge.org/universitypress>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.cambridge.org/core/publications/open-access>

14. The Royal Society of Chemistry включает 12 журналов «золотого» открытого доступа, кроме того, все журналы общества являются гибридными и в них могут публиковаться материалы открытого доступа.

Журналы общества охватывают основные химические науки, включая смежные области, такие как биология, биофизика, энергетика и окружающая среда, машиностроение, материаловедение, медицина и физика.

Ссылка на ресурс: <https://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=current>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.rsc.org/journals-books-databases/open-access/>

15. Taylor & Francis на сегодняшний день издательство выпускает около 180 журналов с полностью открытым доступом.

Ссылка на ресурс: <https://www.tandfonline.com/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.tandfonline.com/openaccess/openjournals>

16. Издательство John Wiley & Sons, Inc. включает около 230 журналов «золотого» открытого доступа и более 1300 гибридных журналов.

Ссылка на ресурс:

<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=&ConceptID=15941&startPage=>

Ссылка на раздел Open access: <https://authorservices.wiley.com/open-research/open-access/browse-journals.htm>

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	20 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	CorelDRAW Graphics Suite X5 Education License	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	5 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3.	Управление проектами Project expert tutorial	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
4.	Неисключительная лицензия на использование SOLIDWORKS EDU Edition 2019-2020 Network - 200 Users	Контракт №28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
5.	SolidWorks EDU Edition 2020-2021 Network - 200 U бессрочная sers	Контракт № 90- 133ЭА/2021 от 07.09.2021	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
6.	Неисключительная лицензия на право использования Учебного комплекта Компас-3D v21 на 50 мест КТПП	Контракт №189- 240ЭА/2023 от 15.01.2024	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3D v21 "Проектирование и конструирование в машиностроении" на 50 мест	бессрочная
7.	Среда разработки Delphi	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
8.	Среда разработки C++ Builder	Контракт № 143-	1 лицензия для активации на	бессрочная

		164ЭА/2010 от 14.12.10	рабочих станциях	
9.	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10.	Система проектирования СА ErWin Modeling Suite Bundle	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
11.	OriginPro 8.1 Department Wide License	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
12.	Программа обработки экспериментальных данных BioOffice ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
13.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw pro	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
14.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw ultra	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
15.	MATLAB Academic new Product Group Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	3 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
16.	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
17.	Instrument Control Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
18.	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
19.	Fuzzy Logic Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143- 164ЭА/2010	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 14.12.10		
20.	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
21.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
22.	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
23.	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
24.	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
25.	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
26.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
27.	NI Circuit Design Suite	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	10 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
28.	Неисключительная лицензия OriginLab ORIGINPRO- New License Node-Lock License Singl Seat EDUCATIONAL	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
29.	Неисключительная лицензия Originlab Annual Maintenance Renewal OriginPro 2022b Perpetual Node-Locked Academic Licens	Контракт №72-99ЭА/2022 от 29.08.2022	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
30.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-	24 лицензии для активации на	бессрочная

		64ЭА/2013 от 02.12.2013	рабочих станциях	
31.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
32.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
33.	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)
34.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	-	24 месяца (продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
35.	iSpring Suite Max	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
36.	iSpring Suite версия 11	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
37.	Планы Мини	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1	30.09.2025
38.	Astra Linux Special Edition для 64-х разрядной платформы на базе процессорной архитектуры x86-64	Контракт №189- 240ЭА/2023	60 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 15.01.2024		
39.	COMSOL Multiphysics, Лицензия на учебный класс (CKL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
40.	COMSOL Multiphysics, Плавающая сетевая лицензия (FNL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
41.	Антиплагиат.ВУЗ 5.0	Контракт № 13-143К/2025 от 30.04.2025	1	19.05.2026

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Требования к профессионально-ориентированному переводу. Особенности перевода специальных текстов.	<i>Знает:</i> – основные способы достижения эквивалентности в переводе; – основные приемы перевода; – языковую норму и основные функции языка как системы; – достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий; <i>Умеет:</i> – применять основные приемы перевода; – осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм; <i>Владеет:</i> – методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной, специальной литературе и компьютерных сетях.	Оценка за контрольную работу №1 (2 семестр)
Раздел 2. Лексико-грамматические проблемы перевода специальных текстов.	<i>Знает:</i> – основные способы достижения эквивалентности в переводе; – языковую норму и основные функции языка как системы – достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий; <i>Умеет:</i> – применять основные приемы перевода; – осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм; – оформлять текст перевода в компьютерном текстовом редакторе; – осуществлять перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением	Оценка за контрольную работу №2 (2 семестр)

	грамматических, синтаксических и стилистических норм текста перевода и темпоральных характеристик исходного текста; <i>Владеет:</i> – методикой предпереводческого анализа текста, способствующей точному восприятию исходного высказывания; – методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной, специальной литературе и компьютерных сетях; – основами системы сокращенной переводческой записи при выполнении перевода; – основной иноязычной терминологией специальности.	
Раздел 3. Интернет и ИКТ в профессионально – ориентированном переводе.	<i>Знает:</i> – основные способы достижения эквивалентности в переводе; – достаточное для выполнения перевода количество лексических единиц, фразеологизмов, в том числе социальных терминов и лингвострановедческих реалий; <i>Умеет:</i> – применять основные приемы перевода; – осуществлять письменный перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм; – оформлять текст перевода в компьютерном текстовом редакторе; – осуществлять перевод с соблюдением норм лексической эквивалентности, соблюдением грамматических, синтаксических и стилистических норм текста перевода и темпоральных характеристик исходного текста; <i>Владеет:</i> – методикой предпереводческого анализа текста, способствующей точному восприятию исходного высказывания; – методикой подготовки к выполнению перевода, включая поиск информации в справочной,	Оценка за контрольную работу №3 (2 семестр) Оценка за реферат (2 семестр) Оценка за практическую работу (2 семестр)

	специальной литературе и компьютерных сетях; – основами системы сокращенной переводческой записи при выполнении перевода; – основной иноязычной терминологией специальности; – основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.	

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

**«Техника научного перевода»
основной образовательной программы**

28.04.03 Наноматериалы

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология наноматериалов»

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.

**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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Углеродные наноматериалы»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена к.х.н., доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии Мурадовой А.Г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «**Углеродные наноматериалы**» относится к вариативной части блока обязательных дисциплин учебного плана. Программа предполагает, что обучающиеся имеют подготовку в области органической химии, биохимии и физикохимии наноматериалов.

Цель дисциплины – приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области полимерных нанокомпозитов и ознакомление с их структурой, свойствами, возможностями применения.

Задачи дисциплины – формирование у обучающихся представлений об основных понятиях полимерных композиционных материалов, их свойствах, способах получения, способах управления их характеристиками и путями практического использования.

Дисциплина «**Углеродные наноматериалы**» 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				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – выработка новых теоретических подходов и принципов дизайна наносистем и наноматериалов с заданными свойствами; – разработка новых высокоэффективных методов создания современных наносистем и наноматериалов; – способность к составлению методических	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от

документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			«8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического контроля этапов разработки наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при

				исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок, – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные) агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н

лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих научных методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	производства исследования наноматериалов.	и		Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно- исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. Д Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

– модификации углерода, структуру и свойства углеродных наноматериалов, возможности их использования;

Уметь:

– использовать различные источники информации для получения сведений о новейших исследованиях в области углеродных наноматериалов;
– критически анализировать научные публикации;

Владеть:

– навыками подготовки аналитических обзоров современной научной литературы в области углеродных наноматериалов в устной и письменной форме;

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,41	51	38
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	2,59	93	70
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,7
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов							
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. работы	Сам. работа	в т.ч. в форме пр. подг.
1.	Раздел 1. Классификация углеродных наноструктур. Нанотрубки, нановолокна и фуллерены	52	8	8	16	4	-	28	4
1.1	Введение. Классификация углеродных наноструктур	16	-	2	4	-	-	10	-
1.2	Углеродные нанотрубки и нановолокна	24	8	4	8	4	-	12	4
1.3	Строение фуллереноподобных наноструктур	12	-	2	4	-	-	6	-
2.	Раздел 2. Композиты на основе углеродных наноматериалов. Неуглеродные нанотрубки. Графен. Наноалмаз	60	-	10	20	-	-	30	-
2.1	Графен	12	-	2	4	-	-	6	-
2.2	Наноалмаз	12	-	2	4	-	-	6	-
2.3	Композиты, содержащие углеродные материалы	22	-	3	6	-	-	13	-
2.4	Неуглеродные нанотрубки	14	-	2	4	-	-	8	-
	ИТОГО	180	8	17	34	4	-	93	4

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Классификация углеродных наноструктур. Нанотрубки, нановолокна и фуллерены

1.1 Введение. Классификация углеродных наноструктур

Аллотропные модификации углерода Основные понятия квантовой химии. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода. Алмаз и алканы. Графит, графен, арены, алкены, карбин, алкины. Смешанные и промежуточные аллотропные модификации углерода.

1.2 Углеродные нанотрубки и нановолокна

История открытия УНТ. Понятие одностенных и многостенных углеродных нанотрубок. Информация об их строении и методах получения. Структурные свойства. Хиральность нанотрубок. Электронные свойства нанотрубок. Электронные свойства графитовой плоскости. Механические свойства. Упругие свойства углеродных нанотрубок. Электромеханические свойства углеродных нанотрубок. Понятие хиральности. Обсуждение взаимосвязи хиральности и физических свойств углеродных нанотрубок. Применение углеродных нанотрубок. Токсичность нанотрубок. Понятия и свойства нановолокон.

1.3 Строение фуллереноподобных наноструктур

История открытия фуллеренов. Кластеры углерода. Установка и методики Ричарда Смолли. Открытия Бакминстера Фуллера. Понятие о фуллеренах. Теорема Эйлера и структура молекул фуллеренов и углеродных нанокластеров, фуллереноподобные структуры в живой природе. Углеродные кластеры фуллероидного типа. Синтез, модифицирование, использование фуллеренов.

Раздел 2. Композиты на основе углеродных наноматериалов. Неуглеродные нанотрубки. Графен. Наноалмаз

2.1 Графен

Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена. Химическое модифицирование графена. «Графеновая» электроника. Многослойный эпитаксиальный графен (MEG). Структура, электрические свойства, механические свойства, возможности применения в электронике

2.2 Наноалмаз.

Понятия наноалмаза, строение и особые свойства наноалмаза. Технология получения детонационных наноалмазов. Очистка наноалмазов от примесей. Методы контроля степени чистоты детонационных наноалмазов (ДНА). Получение наноалмазных суспензий. Структура ДНА. Практическое использование ДНА.

2.3 Композиты, содержащие углеродные материалы

Материалы и композиты на основе углеродных нанотрубок. Полимеры и композитные материалы на основе других углеродных наноструктур.

2.4 Неуглеродные нанотрубки.

Понятие неуглеродных нанотрубок. Функциональные свойства и практическое использование различных неуглеродных нанотрубок.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	
	Знать:			
1	– модификации углерода;	+	+	
2	– структуру и свойства углеродных наноматериалов;	+	+	
3	– возможности их использования углеродных наноматериалов;	+	+	
	Уметь:			
4	– использовать различные источники информации для получения сведений о новейших исследованиях в области углеродных наноматериалов;	+	+	
5	-критически анализировать научные публикации;	+	+	
	Владеть:			
6	– навыками подготовки аналитических обзоров современной научной литературы в области углеродных наноматериалов в устной и письменной форме;	-	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
7	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов	+	+
8		ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты	+	+
9		ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов	+	+
10	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Введение. Классификация углеродных наноструктур	4
		Углеродные нанотрубки и нановолокна	8
		Строение фуллереноподобных наноструктур	4
2	Раздел 2	Графен	4
		Наноалмаз	4
		Композиты, содержащие углеродные материалы	6
		Неуглеродные нанотрубки	4

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине «Углеродные наноматериалы» не предусмотрены.

7. Самостоятельная работа

Учебной программой дисциплины «Углеродные наноматериалы» предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 93 акад. часов (2,58 зач. ед.).

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

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку докладов к практическим занятиям по предложенным преподавателем темам;
- подготовку к контрольным работам по материалу курса;
- подготовку и защиту реферата по анализу научной информации (статей и патентов) по углеродным наноматериалам;
- 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, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к экзамену 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 учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Перечень примерных тем:

1. Углеродные нанотрубки. Понятие одностенных углеродных нанотрубок, информация об их строении и методах получения. Обсуждение природы химической связи в нанотрубках и основных отличий одностенных и многостенных УНТ.
2. Углеродные нанотрубки. Понятие многостенных углеродных нанотрубок, информация об их строении и методах получения.
3. Фуллерен. Понятие фуллерена, строение и получение фуллеренов. Обсуждение перспектив химического модифицирования и практического использования фуллеренов.
4. Графен. Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена. Химическое модифицирование и практическое использование графена.
5. Наноалмаз. Понятия наноалмаза, строение и особые свойства наноалмаза. Получение и практическое использование наноалмаза.
6. Раздел Юнга и закон Холла - Петча. Механические свойства наносистем. Применение макроскопических (обычных) законов механики к наносистемам.
7. Неуглеродные нанотрубки. Понятие неуглеродных нанотрубок. Обсуждение функциональных свойств и практического использования различных неуглеродных нанотрубок.
8. Нановискеры (нитевидные нанокристаллы, ННК). Разновидности нановискеров. Получение ННК. Гетероструктуры на основе ННК. Нановискеры фуллерена. Потенциальное применение нановискеров.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольной работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 20 баллов за каждую.

Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка контрольной работы составляет 20 баллов.

Каждая контрольная работа представляет собой 2 открытых вопроса, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса.

1. Классификация углеродных наноструктур.
2. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода.
3. Углеродные нанотрубки. История открытия УНТ.
4. Понятие одностенных и многостенных углеродных нанотрубок.
5. Типы многослойных УНТ.
6. Структура УНТ.
7. Понятие хиральности.
8. Взаимосвязи хиральности и физических свойств углеродных нанотрубок.

9. Структурные свойства УНТ.
10. Электронные свойства нанотрубок.
11. Явление сверхпроводимости в УНТ.
12. Экситоны и биэкситоны в нанотрубках.
13. Оптические свойства УНТ.
14. Механические, электромеханические свойства УНТ.
15. Механизмы роста УНТ.
16. Получение УНТ методом газофазного осаждения.
17. Особенности метода получения, преимущества и недостатки метода.
18. Методы получения УНТ.
19. Электродуговой метод.
20. Метод термического, лазерного испарения.
21. Методы визуализации УНТ.
22. Токсичность нанотрубок.
23. Потенциальное применение углеродных нанотрубок.
24. УНТ в электронике.
25. Фуллерен.
26. Теорема Эйлера и строение и структура молекул фуллеренов и углеродных нанокластеров.
27. История открытия фуллеренов. Фуллереноподобные структуры в живой природе.
28. Получение фуллеренов.
29. Метод В. Кретчмера.
30. Получение фуллеренов из жидкокристаллической мезофазы.
31. Метод распыления графита. Методы очистки и детектирования фуллеренов.
32. Механизмы образования фуллеренов.
33. Структура фуллерена.
34. Химические свойства фуллерена. Фуллераны.
35. Экзо и эндоэдральные фуллерены.
36. Физические свойства фуллерена.
37. Электронная структура и сверхпроводимость металлофуллеренов.
38. Магнетизм в фулеридах.
39. Применение фуллеренов.
40. Токсичность фуллеренов.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопросов.

1. Графен. Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена.
2. Зонная структура графена.
3. Дефекты в графене.
4. Искажения графенового листа.
5. Структура, электрофизические свойства, механические свойства.
6. Химические свойства графена. Модифицирование графена.
7. Применение графена и его производных.
8. Проводимость графена. «Графеновая» электроника.
9. Многослойный эпитаксиальный графен (MEG).
10. Методы получения графена и его аналогов.
11. Метод Новоселова.
12. Получение графена из нанотрубок, окисленного графита.
13. Графитизация поверхности металлов.
14. Осаждение графитизированных слоев при термораспаде углеродсодержащих

газов на поверхности металлических образцов.

15. Методы характеристики графена: КР – спектроскопия, сканирующая туннельная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, динамическое рассеяние света.

16. Понятия наноалмаза, строение и особые свойства наноалмаза.

17. Технология получения детонационных наноалмазов.

18. Очистка наноалмазов от примесей.

19. Методы контроля степени чистоты детонационных наноалмазов (ДНА).

20. Получение наноалмазных суспензий.

21. Структура ДНА. Практическое использование.

22. Неуглеродные нанотрубки.

23. Классификация неуглеродных нанотрубок.

24. Функциональные свойства и практическое использование неуглеродных нанотрубок.

25. Нановискеры (нитевидные нанокристаллы, ННК).

26. Разновидности нановискеров.

27. Получение ННК.

28. Гетероструктуры на основе ННК.

29. Нановискеры феллерена.

30. Потенциальное применение нановискеров.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен)

Итоговый контроль проводится в письменном виде (экзамен). Билет для проведения зачета содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов, максимальная общая оценка – 40 баллов). Общая оценка зачета складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на экзамене. Максимальная оценка зачета – 100 баллов.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен)

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов

1. Физические свойства фуллерена. Электронная структура и сверхпроводимость металлофуллеренов. Магнетизм в фуллеридах.

2. Неуглеродные нанотрубки. Классификация неуглеродных нанотрубок. Функциональные свойства неуглеродных нанотрубок.

3. Методы получения УНТ. Электродуговой метод. Метод лазерного испарения. Потенциальное применение углеродных нанотрубок.

4. Структура феллерена. Химические свойства фуллерена. Экзо и эндоэдральные фуллерены.

5. Дефекты в графене. Искажения графенового листа. Структура, электрофизические свойства, механические свойства.

6. Получение фуллеренов. Метод В. Кретчмера. Получение фуллеренов из жидкокристаллической мезофазы. Метод распыления графита.

7. Физические свойства фуллерена. Применение фуллеренов. Токсичность фуллеренов.

8. Понятия наноалмаза, строение и особые свойства наноалмаза. Технология получения детонационных наноалмазов.

9. Химические свойства графена. Модифицирование графена.

10. Очистка наноалмазов от примесей. Методы контроля степени чистоты детонационных наноалмазов (ДНА). Получение наноалмазных суспензий. Структура ДНА.

11. Феллерен. Теорема Эйлера и строение и структура молекул фуллеренов и

углеродных нанокластеров.

12. Методы получения графена и его аналогов. Метод Новоселова. Получение графена из нанотрубок, окисленного графита. Графитизация поверхности металлов. Осаждение графитизированных слоев при термораспаде углеродсодержащих газов на поверхности металлических образцов.

13. Электронные свойства нанотрубок. Явление сверхпроводимости в УНТ. Экситоны и биэкситоны в нанотрубках.

2. Получение фуллеренов. Метод В. Кретчмера. Получение фуллеренов из жидкокристаллической мезофазы. Метод распыления графита.

14. История открытия УНТ. Понятие одностенных и многостенных углеродных нанотрубок. Типы многослойных УНТ. Структура УНТ. Структурные свойства УНТ.

15. Графен. Строение и особые свойства графена. Зонная структура графена

16. Строение и особые свойства наноалмаза. Технология получения детонационных наноалмазов.

17. Методы получения графена. Метод Новоселова. Графитизация поверхности металлов. Осаждение графитизированных слоев при термораспаде углеродсодержащих газов на поверхности металлических образцов.

18. Механизмы образования фуллеренов. Структура фуллерена. Химические свойства фуллерена.

19. Нановискеры фуллерена. Потенциальное применение нановискеров.

20. Физические свойства фуллерена. Электронная структура и сверхпроводимость металлофуллеренов. Магнетизм в фулеридах.

21. Нановискеры (нитевидные нанокристаллы, ННК). Разновидности нановискеров. Получение ННК. Гетероструктуры на основе ННК.

22. Механизмы образования фуллеренов. Структура фуллерена. Фуллераны. Экзо и эндоэдральные фуллерены.

23. Неуглеродные нанотрубки. Классификация неуглеродных нанотрубок. Функциональные свойства и практическое использование неуглеродных нанотрубок.

24. Механизмы образования фуллеренов. Структура фуллерена. Химические свойства фуллерена. Фуллераны.

25. Методы получения графена и его аналогов. Метод Новоселова. Получение графена из нанотрубок, окисленного графита. Графитизация поверхности металлов.

26. Получение фуллеренов. Метод В. Кретчмера. Получение фуллеренов из жидкокристаллической мезофазы. Метод распыления графита. Методы очистки и детектирования фуллеренов.

27. Методы характеристики графена: КР – спектроскопия, сканирующая туннельная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, динамическое рассеяние света.

28. Фуллерен. Теорема Эйлера и строение и структура молекул фуллеренов и углеродных нанокластеров. История открытия фуллеренов. Фуллереноподобные структуры в живой природе.

29. Применение графена и его производных. Проводимость графена. «Графеновая» электроника. Многослойный эпитаксиальный графен (MEG).

30. Методы получения УНТ. Электродуговой метод. Метод лазерного испарения. Методы визуализации УНТ. Токсичность нанотрубок.

31. Химические свойства графена. Модифицирование графена.

32. Механические, электромеханические свойства УНТ. Механизмы роста УНТ. Получение УНТ методом газофазного осаждения. Особенности метода получения, преимущества и недостатки метода.

33. Химические свойства графена. Модифицирование графена.

34. Электронные свойства нанотрубок. Явление сверхпроводимости в УНТ. Экситоны и биэкситоны в нанотрубках.

35. Очистка наноалмазов от примесей. Методы контроля степени чистоты детонационных наноалмазов (ДНА). Получение наноалмазных суспензий. Структура ДНА.

36. Углеродные нанотрубки. История открытия УНТ. Понятие одностенных и многостенных углеродных нанотрубок. Типы многослойных УНТ. Структура УНТ. Понятие хиральности.

37. Дефекты в графене. Искажения графенового листа. Структура, электрофизические свойства, механические свойства.

38. Классификация углеродных наноструктур. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода.

39. Графен. Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена. Зонная структура графена.

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

8.4. Структура и примеры билетов для итогового контроля (экзамен)

Экзамен по дисциплине «Углеродные наноматериалы» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для **экзамена** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы **экзамена** оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом. Максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов.

Пример билета для **экзамена**:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы» Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
	Углеродные наноматериалы
Билет № 1	
1. Классификация углеродных наноструктур. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода.	
2. Графен. Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена. Зонная структура графена.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева – 2010, т.1 - 124 с., т.2 – 148 с.

2. Губин С.П., Ткачев С.В. Графен и родственные наиформы углерода. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. — 104 с.

Б. Дополнительная литература

1. Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены: Учебн.пособие. –М.: Университетская книга, Логос, 2006.-376 с.
2. Наноалмазы детонационного синтеза: получение и применение / П. А. Витязь [и др.] ; под общ. ред. П. А. Витязя. – Минск : Беларус. наука, 2013. – 381 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
 2. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
 3. Международный научно-исследовательский журнал «Материалы будущего», ISSN 2227-6017
 4. Journal «[Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures](#)», ISSN 1536-4046
 5. Journal «[Nanomaterials](#)», ISSN 1687-4110
 6. Научная электронная библиотека www.sciencedirect.com.
 7. База данных Роспатента www.fips.ru
 8. Патентная база данных <http://ep.espacenet.com>
 9. База данных научных статей <http://elibrary.ru>
- Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:
- [http:// www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
 - [http:// www.scopus.com](http://www.scopus.com)

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25).

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 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 «*Углеродные наноматериалы*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

13.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

	Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams			
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Классификация углеродных наноструктур. Нанотрубки, нановолокна и фуллерены	Знать: - модификации углерода, структуру и свойства углеродных наноматериалов; Уметь: - использовать различные источники информации для получения сведений о новейших исследованиях в области углеродных наноматериалов; Владеть: - навыками подготовки аналитических обзоров современной научной литературы в области углеродных наноматериалов в устной форме.	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за доклады на семинарах. Оценка за защиту реферата
Раздел 2. Композиты на основе углеродных наноматериалов. Неуглеродные нанотрубки. Графен. Наноалмаз	Знать: возможности использования углеродных наноматериалов; Уметь: критически анализировать научные публикации; Владеть: навыками подготовки аналитических обзоров современной научной литературы в области углеродных наноматериалов в письменной форме.	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за доклады на семинарах. Оценка за защиту реферата Оценка на экзамене

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

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

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

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

**«Углеродные наноматериалы»
основной образовательной программы**

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Управление проектами и командой»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа —«Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена: кандидатом химических наук, доцентом кафедры менеджмента и маркетинга Н.Ю. Николаевой.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры менеджмента и маркетинга
«24» апреля 2025 г., протокол № 7

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы** (ФГОС ВО), накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **менеджмента и маркетинга** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Управление проектами и командой»** относится к базовой части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области управления программами и проектами.

Цель дисциплины – получение студентами практических навыков по запуску и управлению проектами. Данный курс координирует управление и реализацию проектов необходимого качества, в установленные сроки, в рамках принятого бюджета.

Задачи дисциплины

- формирование общих подходов к управлению программами и проектами;
- ознакомление со Стандартами управления проектами; с тенденциями развития проектного менеджмента в России и за рубежом;
- формирование теоретических и методологических знаний по организационно-содержательным, технологическим основам разработки управления ими, оценке их результативности и качества.
- освоение первичных умений разработки и реализации проектов, направленных на развитие образовательной организации; организации работы и контроля деятельности команды проекта; оценке рисков проектов и управления ими.

Дисциплина **«Управление проектами и командой»** 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**:

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-2.3; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Разработка и реализация проектов	УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1 Знает теоретические основы и основные принципы управления проектами УК-2.2 Умеет организовать реализацию и обеспечить контроль за ходом выполнения проекта УК-2.3 Владеет навыками управления инновационными проектами в производственной сфере

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
ОПК-2 Способен управлять профессиональной и иной деятельностью на основе применения знаний проектного и финансового менеджмента	ОПК-2.1 Знает теоретические основы проектного и финансового менеджмента в области профессиональной деятельности ОПК-2.2 Умеет оценивать риски и экономическую эффективность решений, принимаемых в области профессиональной деятельности ОПК-2.3 Владеет опытом расчёта экономической и ресурсоэффективной составляющей при выполнении исследовательской работы
ОПК-3. Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и наноматериалов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	ОПК-3.1 Владеет современными методами анализа эффективности производственного процесса и оценки производственных потерь и подходами к разработке комплекса мероприятий по их устранению ОПК-3.2 Проводит технико-экономическое обоснование и экономическую оценку проектных решений и инженерных задач ОПК-3.3 Анализирует и оценивает затраты предприятия (проекта) с учетом инженерных рисков

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные понятия и методы управления проектами,
- систему оценки ресурсов, рисков, сроков проекта,
- принципы организации проектного управления,
- принципы организации и руководства работой команды и способы социализации личности и социального взаимодействия

Уметь:

- разрабатывать и оформлять проектную документацию,
- применять методики оценки параметров управления в проектах,
- разрабатывать стратегию управления проектами,
- эффективно организовывать и управлять деятельностью первичного трудового коллектива в области системы менеджмента качества

Владеть:

- методами и принципами управления проектами в соответствии с международными и российскими стандартами;
- методами анализа путей реализации проектов;
- методами анализа рисков в проектном управлении,
- навыками подготовки и представления презентации планов и результатов собственной и командной деятельности,
- знаниями и опытом в области системы менеджмента качества.

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	25,38
Лекции	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,38
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
Самостоятельная работа	1,06	38	28,62
Вид итогового контроля:	Зачет		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Введение в управление проектами.	24	12	8	12
1.1	Терминологический аппарат проектного управления	8	4	4	4
1.2	Современные системы менеджмента (ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001)	8	4	2	4
1.3	Мониторинг и управление работами проекта. Общее управление изменениями. Закрытие проекта	8	4	2	4
2.	Раздел 2. Области знаний управления проектами.	24	12	4	12
2.1	План управления требованиями. Создание иерархической структуры работ. Контроль содержания. Планирование управления расписанием.	8	4	2	4
2.2	Идентификация рисков. Качественный анализ рисков. Количественный анализ рисков.	8.	4	1	4
2.3	Планирование реагирования на риски. Мониторинг и управление рисками. Управление качеством	8	4	1	4
3.	Раздел 3. Методология управления проектами	24	10	4	12
3.1	Руководитель проекта и лидер команды. Проектная команда	8	4	2	4
3.2	Управление заинтересованными сторонами проекта	8	4	1	4
3.3	Контроль вовлеченности заинтересованных сторон. Управление коммуникациями проекта.	8	2	1	4
	ИТОГО	72	-	34	38

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение в управление проектами.

Мировые стандарты управления проектами. Терминологический аппарат проектного управления. Современные системы менеджмента (ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001).

Критерии успешности проекта. Программы и портфели управления проектами. Содержание стандарта ANSIPMBOK GUIDE. Организационное окружение проекта. Жизненный цикл проекта. Группы процессов и области знаний PMBOK.

Управление интеграцией проекта. Разработка устава проекта. Разработка плана управления проектом. Руководство и управление исполнением проекта. Мониторинг и управление работами проекта. Общее управление изменениями. Закрытие проекта.

Раздел 2. Области знаний управления проектами.

Управление содержанием проекта. Планирование управления содержанием. План управления требованиями. Определение содержания. Создание иерархической структуры работ. Проверка содержания. Контроль содержания. Управление сроками проекта. Планирование управления расписанием. Определение состава операций. Определение последовательности операций. Оценка ресурсов операций. Оценка длительности операций. Разработка расписания. Контроль расписания. Управление стоимостью проекта. Планирование управления стоимостью. Стоимостная оценка. Разработка бюджета расходов. Контроль стоимости. Управление закупками проекта. Планирование закупок. Осуществление закупок. Контроль закупок. Закрытие закупок. Управление рисками проекта. Планирование управления рисками. Идентификация рисков. Качественный анализ рисков. Количественный анализ рисков. Планирование реагирования на риски. Мониторинг и управление рисками. Управление качеством. Планирование качества. Обеспечение качества. Контроль качества.

Раздел 3. Методология управления проектами

Подходы к организации работы команды (hadi-цикл, scrum). Руководитель проекта и лидер команды. Проектная команда. Аспекты мотивации команды. Локальная и рассредоточенная команды. Управление заинтересованными сторонами проекта. Идентификация заинтересованных сторон. Планирование управления заинтересованными сторонами проекта. Управление вовлеченностью заинтересованных сторон проекта. Контроль вовлеченности заинтересованных сторон. Управление коммуникациями проекта.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:				
1	– основные понятия и методы управления проектами;		+		+
2	– систему оценки ресурсов, рисков, сроков проекта;			+	
3	– принципы организации проектного управления;				+
	Уметь:			+	
4	– разрабатывать и оформлять проектную документацию;		+		
5	– применять методики оценки параметров управления в проектах;			+	
6	– разрабатывать стратегию управления проектами;				+
	Владеть:				
7	– методами и принципами управления проектами в соответствии с международными и российскими стандартами;			+	
8	– методами анализа путей реализации проектов;			+	
9	– методами анализа рисков в проектном управлении;		+		+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>компетенции и индикаторы их достижения</i> :					
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК			
10	УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1 Знает теоретические основы и основные принципы управления проектами		+	+
		УК-2.2 Умеет организовать реализацию и обеспечить контроль за ходом выполнения проекта	+	+	+
		УК-2.3 Владеет навыками управления инновационными проектами в производственной сфере	+	+	+

11	ОПК-2 Способен управлять профессиональной и иной деятельностью на основе применения знаний проектного и финансового менеджмента	ОПК-2.1 Знает теоретические основы проектного и финансового менеджмента в области профессиональной деятельности	+	+	+
		ОПК-2.2 Умеет оценивать риски и экономическую эффективность решений, принимаемых в области профессиональной деятельности	+	+	+
		ОПК-2.3 Владеет опытом расчёта экономической и ресурсоэффективной составляющей при выполнении исследовательской работы	+	+	+
12	ОПК-3. Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и наноматериалов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	ОПК-3.1 Владеет современными методами анализа эффективности производственного процесса и оценки производственных потерь и подходами к разработке комплекса мероприятий по их устранению	+		+
		ОПК-3.2 Проводит технико-экономическое обоснование и экономическую оценку проектных решений и инженерных задач		+	+
		ОПК-3.3 Анализирует и оценивает затраты предприятия (проекта) с учетом инженерных рисков	+	+	

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом не предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий по дисциплине.

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 **зачет**.

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 реферативно-аналитические работы (максимальная оценка 10 баллов), работу на практических занятиях (максимальная оценка 10 баллов), промежуточную контрольную работу (45 баллов), зачет с оценкой, (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

1. Особенности проектного управления производством.
2. Разработка стратегии управления производством.
3. Построение системы управления производством (проектный подход).
4. Организация планирования проектного производства.
5. Управление разработкой новых промышленных продуктов.
6. Формирование производственных стратегий.
7. Проблемные области управления производством в России и за рубежом.
8. Управление операциями в сфере услуг.
9. Производственные аспекты создания новых товаров (проектный подход).
10. Применение функционально-стоимостного анализа в управлении производством (проектный аспект).
11. Управление проектами передачи производственных функций на аутсорсинг.
12. Разработка и реализация производственных стратегий малого предприятия.
13. Управление ресурсами производственных проектов.
14. MES-системы в управлении производством.
15. Управление проектами организации нового производства.
16. Системный подход в управлении проектами

17. Финансовое моделирование проекта
18. Сравнительный анализ стандартов управления проектами
19. Ценностно-ориентированное управление проектами в компании
20. Управление проектами с учетом принципов концепции устойчивого развития
21. Разработка системы стратегического управления проектами в компании
22. Модели, методы и инструменты управления портфелем проектов;
23. Управление портфелем проектов в условиях неопределенности;
24. Анализ практики управления портфелем проектов на предприятиях;
25. Управление рисками проекта, программы и портфеля проектов;
26. Построение корпоративной системы управления рисками на промышленном предприятии;
27. Управление рисками крупных международных нефтегазовых проектов;
28. Управление проектами и портфелями проектов нефтегазовых компаний.
29. Российский рынок консалтинга по управлению проектами: анализ предложения
30. Исследование бренда «управление проектами» на российском рынке: тенденции и перспективы
31. Обоснование инвестиций на внедрение корпоративной системы управления проектами в компаниях
32. Офис управления проектами: особенности, виды и модели в российских компаниях
33. Проблемы и факторы успеха внедрения корпоративной системы управления проектами в организации
34. Анализ осуществимости проекта на примере компании
35. Методы оценки инвестиционной привлекательности проектов в сфере недвижимости
36. Оценка влияния организационных рисков на успех и неудачи проекта
37. Проблемы управления стейкхолдерами в ИТ-проектах на примере российских компаний
38. План управления отношениями со стейкхолдерами проектов: проблемы и возможности
39. Основные проблемы управления стейкхолдерами в тендерах и пути их решения
40. Управление персоналом в организации и в проектах: системы и модели
41. Разработка карты компетенций менеджера проектов
42. Формирование команды проекта как фактор успеха его реализации
43. Деловая игра как метод повышения компетенций и улучшения взаимодействия участников проектных команд
44. Обзор отечественных информационных систем и программных продуктов для управления проектами
45. Применение информационных систем для управления проектами в строительных и девелоперских компаниях
46. Применение информационных систем для управления проектами в компаниях нефтегазовой отрасли
47. Применение информационных систем для управления проектами на предприятиях малого и среднего бизнеса.
48. Ключевые компетенции менеджера проекта.
49. Критерии успеха и неудач в проектах (анализ на примере отрасли).
50. История и перспективы развития управления проектами в России.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольные работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 15 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 15 вопросов, по 1 баллу за вопрос.

Вопрос 1.1. Что не рассматривает сфера проектного управления:

- a) Ресурсы
- b) Качество предоставляемого продукта
- c) Стоимость, Время проекта
- d) Обоснование инвестиций
- e) Риски

Вопрос 1.2. Жизненный цикл проекта – это:

- a) стадия реализации проекта
- b) стадия проектирования проекта
- c) временной промежуток между моментом обоснования инвестиций и моментом, когда они окупились
- d) временной промежуток между моментом появления, зарождения проекта и моментом его ликвидации, завершения
- e) временной промежуток между моментом получения задания от заказчика и моментом сдачи проекта заказчику

Вопрос 1.3. Управляемыми параметрами проекта не являются:

- a) объемы и виды работ
- b) стоимость, издержки, расходы по проекту
- c) временные параметры, включающие сроки, продолжительности и резервы выполнения работ и этапов проекта, а также взаимосвязи между работами
- d) ресурсы, требуемые для осуществления проекта, в том числе человеческие или трудовые, финансовые, материально-технические, а также ограничения по ресурсам
- e) качество проектных решений, применяемых ресурсов, компонентов проекта
- f) Все варианты правильны

Вопрос 1.4. Календарное планирование не включает в себя:

- a) планирование содержания проекта
- b) определение последовательности работ и построение сетевого графика
- c) планирование сроков, длительностей и логических связей работ и построение диаграммы Ганта
- d) определение потребностей в ресурсах (люди, машины, механизмы, материалы и т.д.) и расчет затрат и трудозатрат по проекту
- e) определение себестоимости продукта проекта

Вопрос 1.5. Что является основной целью сетевого планирования:

- a) Управление трудозатратами проекта
- b) Снижение до минимума времени реализации проекта
- c) Максимизация прибыли от проекта
- d) Определение последовательностей выполнения работ
- e) Моделирование структуры проекта

Вопрос 1.6. Какой тип сетевой диаграммы используется в среде MS Project:

- a) «Действие в узлах» – верный ответ
- b) Переходной тип диаграммы от «действия на стрелках» к «действию в узлах»
- c) ПЕРТ-диаграмма
- d) Диаграмма Ганта
- e) Диаграмма «Действие на стрелках»

Вопрос 1.7. Принцип «метода критического пути» заключается в:

- a) Анализе вероятностных параметров длительностей задач лежащих на критическом пути
- b) Анализе вероятностных параметров стоимостей задач
- c) Анализе расписания задач – верный ответ
- d) Анализе вероятностных параметров стоимостей задач лежащих на критическом пути
- e) Анализе длительностей задач, составляющих критический путь

Вопрос 1.8. Основная цель «метода критического пути» заключается в:

- a) Равномерном назначении ресурсов на задачи проекта
- b) Оптимизации отношения длительности проекта к его стоимости
- c) Снижении издержек проекта
- d) Минимизации востребованных ресурсов
- e) Минимизации сроков проекта – верный ответ

Вопрос 1.9. Какая работа называется критической:

- a) Длительность которой максимальна в проекте
- b) Стоимость которой максимальна в проекте
- c) Имеющая максимальный показатель отношения цены работы к ее длительности
- d) Работа с максимальными трудозатратами
- e) Работа, для которой задержка ее начала приведет к задержке срока окончания проекта в целом

Вопрос 1.10. Какое распределение имеет конечный показатель средней длительности проекта рассчитанный по методу ПЕРТ:

- a) Гауссовское
- b) Вета-распределение
- c) Пуассоновское распределение
- d) Нормальное распределение
- e) Треугольное распределение

Вопрос 1.11. Какое распределение имеет конечный показатель средней длительности проекта рассчитанный методом моделирования Монте-Карло:

- a) Гауссовское
- b) Вета-распределение
- c) Пуассоновское распределение
- d) Нормальное распределение
- e) Треугольное распределение

Вопрос 1.12. Моделирование проектов в Microsoft Project 2010 не позволяет решить следующую задачу:

- a) Рассчитать инвестиционную привлекательность проекта
- b) рассчитать бюджет проекта и распределение запланированных затрат во времени
- c) рассчитать распределение во времени потребностей проекта в основных материалах и оборудовании
- d) определить оптимальный состав ресурсов (людей и механизмов) проекта и распределение во времени их плановой загрузки и количественного состава
- e) разработать оптимальную схему финансирования работ, поставок материалов и оборудования

Вопрос 1.13. Что служит вертикальной осью диаграммы Ганта:

- a) Перечень ресурсов
- b) Длительности задач
- c) Перечень задач
- d) Длительность проекта
- e) Предшествующие задачи

Вопрос 1.14. Что служит горизонтальной осью диаграммы Ганта:

- a) Перечень ресурсов
- b) Длительности задач
- c) Перечень задач
- d) Длительность проекта
- e) Предшествующие задачи

Вопрос 1.15. Суммарная задача состоит из:

- a) Нескольких ресурсов
- b) Нескольких вех
- c) Нескольких вариантов
- d) Нескольких затрат
- e) Нескольких задач

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 15 вопросов, по 1 баллу за вопрос.

Вопрос 2.1. Какое представление отсутствует в MS Project:

- a) Диаграмма Ганта
- b) Использование Ресурсов
- c) Использование задач
- d) Сетевой график
- e) Сеть ПЕРТ

Вопрос 2.2. Какое представление является основным в MS Project:

- a) Диаграмма Ганта – верный ответ
- b) Использование Ресурсов
- c) Использование задач
- d) Сетевой график
- e) Сеть ПЕРТ

Вопрос 2.3. К каким методам сводиться структуризация проекта:

- a) Горизонтальное и вертикальное планирование
- b) Горизонтальное планирование и планирование «сверху-вниз»
- c) Вертикальное планирование и планирование «снизу-вверх»
- d) Вертикальное планирование и планирование «сверху-вниз»
- e) Планирование «сверху-вниз» и «снизу-вверх» - верный ответ
- f) Планирование «сверху-вниз», «снизу-вверх», горизонтальное и вертикальное планирование

Вопрос 2.4. Структурное планирование не включает в себя следующие этапы:

- a) разбиение проекта на совокупность отдельных работ, выполнение которых необходимо для реализации проекта
- b) структуризация последовательности работ
- c) оценка временных характеристик работ

- d) оценка длительностей работ
- e) назначение ресурсов на задачи

Вопрос 2.5. Какие типы связей между задачами невозможны в MS Project:

- a) Начало-окончание
- b) Окончание-Начало
- c) Начало-начало
- d) Окончание-окончание
- e) все ответы неправильны

Вопрос 2.6. Что не является ограничением для планируемых задач:

- a) Окончание не ранее заданной даты
- b) Начало не ранее заданной даты
- c) Фиксированная длительность
- d) Фиксированное начало
- e) Как можно раньше

Вопрос 2.7. Длительность суммарной задачи вычисляется (определяется):

- a) Исходя из параметров назначений и трудозатрат на задачи входящие в суммарную задачу
- b) Исходя из параметров назначений и длительности задач входящих в суммарную задачу
- c) Исходя из параметров длительности ее подзадач
- d) Директивно
- e) Приблизленно, по методу экспертных оценок

Вопрос 2.8. Трудовые ресурсы не включают:

- a) Людей
- b) Издержки
- c) Машин
- d) Оборудование

Вопрос 2.9. Какой параметр не описывает трудовые ресурсы:

- a) Издержки- верный ответ
- b) Стандартная ставка
- c) Ставка сверхурочных
- d) Затраты на использование

Вопрос 2.10. Максимальное количество единиц доступности устанавливает:

- a) максимальное количество рабочих, доступных для выполнения работ в данном проекте
- b) максимальный процент рабочего времени, которое ресурс может ежедневно выделять для выполнения работ данного проекта

Вопрос 2.11. Материальные ресурсы позволяют моделировать:

- a) Потребность в материалах и затраты на них
- b) Оплату заказчиков
- c) Оплату работ по проекту

Вопрос 2.12. Предназначение затратного ресурса:

- a) Рассчитать затраты по проекту
- b) Связать определенный тип затрат с одной или несколькими задачами
- c) Рассчитать затраты на трудовые ресурсы

Вопрос 2.13. Назначения в MS Project это:

- a) связь конкретной задачи с ее длительностью
- b) связь конкретной задачи с ресурсами, выделенными для ее выполнения
- c) связь между задачами проекта
- d) связь между вехами проекта
- e) связь конкретной вехи с ресурсами, выделенными для ее выполнения

Вопрос 2.14. Трудозатраты рассчитываются по формуле:

- a) Трудозатраты = Длительность / Единицы назначений
- b) Трудозатраты = (Длительность)² × Единицы назначений
- c) Трудозатраты = Длительность × Единицы назначений

Вопрос 2.15. Для задач с фиксированным объемом ресурсов не справедливо:

- a) При изменении трудозатрат пересчитывается длительность, но объем ресурсов не меняется
- b) При изменении трудозатрат и длительности одновременно, объем ресурсов не меняется
- c) При изменении длительности пересчитываются трудозатраты, но объем ресурсов не меняется

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 15 вопросов, по 1 баллу за вопрос.

Вопрос 3.1. Основными составляющими процесса управления риском не является:

- a) Выявление источников риска;
- b) Анализ и оценка риска;
- c) Определение реакции на риск;
- d) Планирование расходов в чрезвычайных обстоятельствах;
- e) Создание резервов на случай чрезвычайных обстоятельств
- f) Сетевое планирование

Вопрос 3.2. Что не является вариантом реакции на риск:

- a) Снижение или сохранение риска
- b) Переадресация риска
- c) Структура разбиения работ по этапам
- d) Участие в рисках

Вопрос 3.3. Сокращение времени работы над проектом достигается:

- a) сокращением одного или большего количества действий (операций) на критическом пути
- b) сокращением одного или большего количества произвольных действий (операций) проекта
- c) сокращением одного или большего количества действий (операций) на некритическом пути

Вопрос 3.4. Величина и количество резервов на случай непредвиденных обстоятельств не зависят от:

- a) "новизны" проекта
- b) неточности в оценках времени и затрат
- c) технических проблем
- d) размера бюджета проекта
- e) небольших изменений в масштабе
- f) непредвиденных проблем

Вопрос 3.5. Зависят ли резервы управления от сметных резервов:

- a) Да
- b) Нет
- c) Зависят, но при определенных обстоятельствах

Вопрос 3.6. Какие риски не являются проектными:

- a) Риски расписания
- b) Бюджетные риски
- c) Ресурсные риски
- d) Операционные риски

Вопрос 3.7. После какого назначения происходит вычисление затрат в MS Project:

- a) После каждого
- b) После последнего
- c) После первого
- d) Выбирается в ручном режиме

Вопрос 3.8. Для назначения материальных ресурсов необходимо ввести:

- a) Только общее количество материального ресурса, необходимого для задачи в целом
- b) Только скорость его потребления в заданный временной интервал
- c) Общее количество материального ресурса, необходимого для задачи в целом и скорость его потребления в заданный временной интервал
- d) Общее количество материального ресурса, необходимого для задачи в целом или скорость его потребления в заданный временной интервал

Вопрос 3.9. Базовый план образуется:

- a) Самостоятельно
- b) Из фактического плана
- c) Текущего плана
- d) Как разность между фактическим и текущим планом

Вопрос 3.10. Для устранения нарушения срыва директивных сроков не подходит:

- a) Пересмотреть длительности и/или назначения ресурсов на задачах
- b) Пересмотреть характеристики суммарных задач / этапов
- c) Пересмотреть директивные сроки – верный ответ

Вопрос 3.11. Microsoft Project 2010 определяет некритический путь, как:

- a) Совокупность 100% выполненных задач и задач, имеющих резервы по времени
- b) Совокупность 100% выполненных задач
- c) Задач, имеющих резервы по времени

Вопрос 3.12. В колонке «Отклонение» (при выборе представления «Диаграмма Ганта» и таблицы «Затраты»)

отображается значение разницы затрат между колонками:

- a) «Фиксированные затраты» и «Базовые затраты»
- b) «Затраты» и «Базовые затраты»
- c) «Фиксированные затраты» и «Затраты»

Вопрос 3.13. Перегруженные ресурсы в MS Project:

- a) Выделяются красным цветом и индикатором красный человечек
- b) Не выделяются

Вопрос 3.14. Ресурсное выравнивание доступно для ресурсов:

- a) Издержек
- b) Материальных
- c) Трудовых

Вопрос 3.15. Специально, для ресурсного выравнивания служит представление:

- a) Сетевой график
- b) Форма задач
- c) Форма ресурсов
- d) Планировщик групп

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (2 семестр – Зачет)

- 1 Области применения и преимущества проектного управления?
- 2 Какие основные концепции УП?
- 3 Стандарты в области управления проектами (УП), возможность их применения в российских условиях.
- 4 Основные типы организационных структур: функциональная, матричная, проектная; их сходства и отличия.
- 5 Основные роли участников проектов. Разделение ответственности и полномочий: заказчик, спонсор, руководитель проекта, участник проекта.
- 6 Управление структурами проектов.
- 7 Проектный офис, управляющие комитеты, менеджер проекта.
- 8 Принципы корпоративной методологии и информационной системы управления проектами в компании.
- 9 Какие процессы относятся к инициации и управлению рисками в инновационных проектах и программах?
- 10 Постановки целей проекта для создания нового бизнеса?
- 11 Разделы Устава проекта; Разделы бизнес-плана проекта.
- 12 Назначение менеджера проекта, управление персоналом и взаимодействиями в комплексных проектах
- 13 Структура проекта, назначение ключевых ролей, планирование взаимодействия и коммуникаций.
- 14 Декомпозиция целей, построение иерархической структуры работ.
- 15 Разработка расписания, построение сетевой диаграммы и диаграммы Ганта.
- 16 Планирование ресурсов, разработка бюджета проекта.
- 17 Управление рисками и создание планов реагирования проекта.
- 18 Как определяется последовательность шагов процедуры планирования проекта?
- 19 Какие аспекты организации коммуникации внутри проекта обеспечивают эффективное распределение информации?
- 20 Контрактное и административное завершение.
- 21 Обсуждение результатов, извлеченные уроки и архив проекта.
- 22 Что такое РМВОК? Представьте системную модель управления проектами.
- 23 Критерии качества проекта.
- 24 Как определить удовлетворяет ли проект ожиданиям заказчика и как необходимо реагировать, если у заказчика изменились ожидания?
- 25 Как должно осуществляться планирование ресурсов по проекту?
- 26 Что включает в себя контроль стоимости?
- 27 Перечислите факторы, вызывающие изменения базового плана. Необходимо ли согласование изменений с участниками проекта?
- 28 Какая отчетная информация необходима для эффективных коммуникаций по проекту?

- 29 Что такое базовый стоимостной план проекта? Как он формируется?
- 30 Чем отличаются функции управления от областей знания?
- 31 Планирование расходов и контроль расходов базируются на одной и той же предметной области?
- 32 Какие процессы включает в себя управление качеством проекта?
- 33 Как определить, что проект удовлетворяет требованиям, ради которых он был предпринят?
- 34 Выбор организационной формы управления.
- 35 Исполнение и контроль проекта.
- 36 Цели и содержание процесса контроля проекта.
- 37 Отслеживание фактического выполнения работ.
- 38 Измерение прогресса и анализ результатов.
- 39 Корректирующие действия.
- 40 Управление изменениями.
- 41 Управление коммуникациями проекта.
42. Какими показателями характеризуется эффективность проекта?
43. По каким критериям может быть измерена степень риска?
44. Назовите основные методы диагностики и анализа состояния работ по проекту.
45. На какие вопросы отвечает метод освоенного объема?
46. Какие методы и средства используются при планировании для оценки и учета.
47. Назовите основные (базовые) показатели метода освоенного объема.
48. Перечислите расчетные показатели метода освоенного объема
49. Для чего применяют корректирующие действия при реализации проекта?
50. Какие процессы включены в цикл контроля проектных изменений?
51. Что понимается под управлением конфигурацией проекта?
52. Какие виды деятельности включает в себя завершение проекта?
53. Перечислите основные этапы закрытия проекта.
54. Перечислите формы выхода из проекта.

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

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основы проектного управления : учебное пособие для вузов / Э. М. Эльдаров, М. Х. Рабаданов, Н. Г. Гаджиев, С. А. Коноваленко. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 256 с. — ISBN 978-5-507-51491-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/450896> (дата обращения: 29.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Ташкинов, А. Г. Управление проектами и изменениями при цифровой трансформации предприятия : учебное пособие для вузов / А. Г. Ташкинов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 196 с. — ISBN 978-5-507-53387-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/485126> (дата обращения: 29.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Б. Дополнительная литература:

1. Хамидулин, В. С. Основы проектной деятельности: расширенный курс : учебник для вузов / В. С. Хамидулин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 240 с. — ISBN 978-5-507-50052-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/409478> (дата обращения: 29.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Управление проектами : Учебник для вузов / В. Н. Островская, Г. В. Воронцова, О. Н. Момотова [и др.]. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-9172-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/187775> (дата обращения: 29.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

1.

Нормативная литература

1. Гражданский кодекс Российской Федерации, ч. 1. 2, 3, 4 с изменениями.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации с изменениями.
3. Земельный кодекс Российской Федерации с изменениями.
4. Налоговый кодекс, ч. 1, 2 с изменениями.
5. Федеральный закон от 25.02.1999 № 39-ФЗ «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений».
6. Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса / утв. Минэкономразвития РФ 06.05.2000 согл. Госгортехнадзором № 02–35/234 от 28.04.2000.

9.2. Рекомендуемые источники научной информации

- Журнал «Управление проектами». ISSN:1814-2133
- журнал «Управление проектами и программами». ISSN 2075-1214
- Журнал «Инновации и инвестиции» ISSN: 2307-180X.
- Журнал «Экономика и управление». ISSN: 1998-1627.
- <http://www.ecsocman.edu.ru>
- <http://www.eup.ru>
- <http://www.buhgalteria.ru>
- <http://www.business-ethics.com>
- <http://www.worldeconomy.ru>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8;
- банк контрольных заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число контрольных заданий – 30);
- банк контрольных заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число билетов – 30).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) могут применяться следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЕИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров;
- платформы для проведения онлайн конференций
- учебный портал Moodle РХТУ им. Д.И. Менделеева (или другие LMS);
- сервисы по доставки e-mail сообщений.

Для проведения промежуточных и итоговой аттестации могут использоваться платформы для проведения онлайн конференций и отдельные специализированные модули LMS.

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 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 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 *«Антикризисное управление»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (моноблоки, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная аудитория для проведения практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Комплекты иллюстрационных материалов к разделам лекционного курса.

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

Персональные компьютеры (моноблоки), укомплектованные программными средствами; проекторы и экраны; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; раздаточный материал к практическим занятиям по дисциплине.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде, кафедральные библиотеки электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

No п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 ProfessionalGetGe nuine	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочно
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)
4	Антиплагиат.ВУЗ 5.0	Контракт от 13.04.2025 № 13-143К/2025	1	19.05.2026

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Введение в управление проектами.	<i>Знает:</i> — основные понятия и методы управления проектами, — систему оценки ресурсов, рисков, сроков проекта, — принципы организации проектного управления <i>Умеет:</i> — разрабатывать и оформлять проектную документацию, — применять методики оценки параметров управления в проектах, — разрабатывать стратегию управления проектами <i>Владеет:</i> — методами и принципами управления проектами в соответствии с международными и российскими стандартами; — методами анализа путей реализации проектов; — методами анализа рисков в проектном управлении	Оценка за контрольную работу в форме опроса Оценка за контрольный работу в форме теста Оценка за зачет
Раздел 2. Области знаний управления проектами.	<i>Знает:</i> — основные понятия и методы управления проектами, — систему оценки ресурсов, рисков, сроков проекта, — принципы организации проектного управления <i>Умеет:</i> — разрабатывать и оформлять проектную документацию, — применять методики оценки параметров управления в проектах, — разрабатывать стратегию управления проектами <i>Владеет:</i> — методами и принципами управления проектами в соответствии с международными и российскими стандартами; — методами анализа путей реализации проектов; — методами анализа рисков в проектном управлении	Оценка за контрольную работу в форме опроса Оценка за контрольный работу в форме теста Оценка за зачет

Раздел 3. Методология управления проектами	<i>Знает:</i> – основные понятия и методы управления проектами, – систему оценки ресурсов, сроков проекта, – принципы организации проектного управления <i>Умеет:</i> – разрабатывать и оформлять проектную документацию, – применять методики оценки параметров управления в проектах, – разрабатывать стратегию управления проектами <i>Владеет:</i> – методами и принципами управления проектами в соответствии с международными и российскими стандартами; – методами анализа путей реализации проектов; – методами анализа рисков в проектном управлении	Оценка за контрольную работу в форме опроса Оценка за контрольную работу в форме теста 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 рабочей программе дисциплины
«Управление проектами и командой»
основной образовательной программы
28.04.03 Наноматериалы**

Магистерская программа –«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физические и химические свойства наноматериалов и наносистем»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена и.о. зав. кафедрой наноматериалов и нанотехнологии профессором д.х.н. Королевой М.Ю.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Физические и химические свойства наноматериалов и наносистем»** относится к блоку обязательных дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической и коллоидной химии.

Цель дисциплины - приобретение знаний, умений, владений и формирование компетенций в области теории и практики использования нанотехнологий и создания наноматериалов, свойств наноматериалов, их перспективных областей применения и направлений дальнейшего развития.

Задачи дисциплины: формирование у обучающихся системных глубоких знаний в области физических и химических процессов и технологии функциональных неорганических и органических наноматериалов, понимания общих физических и химических механизмов создания наноматериалов, способности анализировать и критически оценивать получаемые наноматериалы, предлагать пути дальнейшего развития химической технологии наноматериалов.

Дисциплина **«Физические и химические свойства наноматериалов и наносистем»** преподается во 2 семестре обучения. 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 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

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				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – исследование свойств наносистем и наноматериалов с помощью современных методов анализа; – самостоятельная эксплуатация современного аналитического и синтетического оборудования и приборов в соответствии с	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и

квалификацией.	обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем.			средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок; – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.	ПК-4 Способен к анализу и обобщению результатов научно-исследовательских работ, поиску и анализу научной и технической информации в области нанотехнологии и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке публикаций в отечественных и зарубежных изданиях	ПК-4.1 Знает методы сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации в области нанотехнологии и смежных дисциплин ПК-4.2 Умеет разрабатывать программы выполнения научных исследований, обрабатывать и анализировать их результаты ПК-4.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для публикации в периодической печати	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического контроля этапов разработки наноструктурированных

исследовательских и лабораторных работ; участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.				композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. D Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов;
- современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов;
- физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов;
- прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств.

Уметь:

- проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов;
- определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения;
- применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.

Владеть:

- навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов;
- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов.
- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов;
- навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	6,0	216	162
Контактная работа – аудиторные занятия:	2,36	85	64
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	1,41	51	38,25
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	2,64	95	71
Контактная самостоятельная работа	2,64	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		95	71
Вид итогового контроля:	Экзамен		
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п.п.	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Сам. работа
1	Раздел 1.	74	9	17	48
1.1	Пористые наноматериалы.	25	3	6	16
1.2	Мембраны и мембранные процессы.	25	3	6	16
1.3	Диффузия по межфазным границам.	24	3	5	16
2	Раздел 2.	70	8	17	45
2.1	Особенности магнитных свойств наноматериалов.	25	3	7	15
2.2	Химия нанокластеров.	24	3	6	15
2.3	Наномашины и наноустройства.	21	2	4	15
	Экзамен	36			
	Всего часов	180	17	34	93

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1.

1.1. Пористые наноматериалы. Номенклатура пор Международного союза по чистой и прикладной химии (1972 г.). Определение пористости различных видов пор. Пористые материалы различной природы. Нанопористый углерод. Молекулярные сита. Мезопористые мезоструктурированные материалы (МММ). Наноккомпозиты на основе молекулярных сит. Особенности механизма диффузии веществ в нанопористых материалах. Наноматериалы для суперконденсаторов.

1.2. Мембраны и мембранные процессы. Полимерные, металлические, керамические, композитные мембраны. Трековые фильтры. Наиболее перспективные области применения мембран. Наночистота. Механизм наночистоты. Особенности переноса веществ через мембраны, имеющие наноразмерные поры. Капиллярно-фильтрационный и диффузионный факторы переноса. Роль электростатического взаимодействия ионов разделяемого раствора с материалом мембраны. Современные типы наночистотных мембран.

1.3. Диффузия по межфазным границам. Зернограничная диффузия. Особенности диффузионных процессов на межфазных границах. Модели зернограничной диффузии. Зернограничная диффузия в тонких пленках. Влияние структуры границ зерен на диффузию. Диффузия и дефекты структуры. Особенности зернограничной диффузии в нанокристаллических материалах. Экспериментальные методы для определения параметров зернограничной диффузии.

Раздел 2.

2.1. Особенности магнитных свойств наноматериалов. Влияние размера частиц на магнитные свойства. Основные параметры, зависящие от размерного фактора. Изменение коэрцитивной силы с уменьшением размера магнитной частицы. Переход в суперпарамагнитное состояние. Особенности гистерезисных свойств мелких частиц. Магнитные свойства наночастиц оксидов железа различного размера и структуры. Особенности фундаментальных свойств магнетиков в тонкопленочном состоянии. Роль поверхности и размерного фактора в формировании магнитной анизотропии. Магнитные жидкости.

2.2. Химия нанокластеров. Молекулярные лигандные кластеры. Безлигандные металлические кластеры. Общие тенденции изменения свойств кластеров в зависимости

от нуклеарности. Особые точки на зависимостях от нуклеарности, отвечающие так называемым магическим числам. Аномалии реакционной способности кластеров в газовой фазе, соответствующие этим числам. Связь реакционной способности смешанных кластеров с их электронным строением и геометрией.

2.3. Наномашины и наноустройства. Ассемблеры и молекулярные машины. Компьютерные модели. Зондовый микроскоп как манипулятор атомами. Нанолитография. Конвертирование внешних воздействий (энергию химической реакции, световую, электрическую, тепловую энергию) в механическую энергию движения. Два типа молекулярных моторов: трансляционный и ротор. Синтез наноавтомобиля. Nanocar Race – международные соревнования наноавтомобилей.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен	Разделы	
		1	2
	Знать:		
1	современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов;	+	+
2	современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов;	+	+
3	физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов;	+	+
4	прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств.	+	+
	Уметь:		
5	проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов;	+	+
6	определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения;	+	+
7	применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.	+	+
	Владеть:		
8	навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов;	+	+
9	способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов.	+	+
10	методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов;	+	+
11	навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен		Разделы	
			1	2
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие универсальные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций		
	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	+	+
13		УК-1.2. Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащие дальнейшей разработке	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
14	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне	+	+
15	ПК-4 Способен к анализу и обобщению результатов научно-исследовательских работ, поиску и анализу научной и технической информации в области нанотехнологии и смежных дисциплин	ПК-4.1 Знает методы сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации в области нанотехнологии и смежных дисциплин	+	+
16		ПК-4.2 Умеет разрабатывать программы выполнения научных исследований, обрабатывать и анализировать их результаты	+	+
17	нанотехнологии и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке публикаций в отечественных и зарубежных изданиях	ПК-4.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для публикации в периодической печати	+	+

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	Особенности механизма диффузии веществ в нанопористых материалах	2
2	3	Мембраны. Мембранный транспорт	4
3	3	Наночистота. Особенности мембранного транспорта при наночистоте	2
4	3	Диффузия по межфазным границам. Зернограницная диффузия	5
5	4	Особенности магнитных свойств наноматериалов	4
6	4	Размерный эффект в магнитных свойствах наночастиц оксидов железа	3
7	4	Особенности химии нанокластеров	4
8	4	Аномалии реакционной способности кластеров	2
9	4	Наноматериалы и нанотехнологии	4

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Физические и химические свойства наноматериалов и наносистем» Учебным планом 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;
- подготовку к контрольным работам по материалу лекционного курса;
- 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;
- изучение докладов ведущих российских и зарубежных ученых по наиболее актуальным направлениям развития науки о наноматериалах и нанотехнологии на сайте кафедры наноматериалов и нанотехнологии <http://nano.muctr.ru/conf>.
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в научном семинаре кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- подготовку к сдаче экзамена 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

Общая оценка за данную дисциплину складывается из оценки работы в семестре (максимально 60 баллов) и оценки, полученной на экзамене (максимально 40 баллов). Оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (до 40 баллов), подготовке научных докладов (до 10 баллов) и участия в кафедральных семинарах (до 10 баллов) по тематике дисциплины, максимально – 60 баллов.

При оценке научных докладов оценивается количество подготовленных докладов, качество докладов (глубина проработки темы, использование современных источников информации, в том числе зарубежных) и качество презентации доклада. Презентация докладов происходит на семинарских занятиях, причем остальные студенты задают вопросы докладчику и участвуют в обсуждении доклада. При оценке участия в кафедральных семинарах, где докладчиками выступают известные ученые в области науки о наноматериалах и нанотехнологии, учитывается активность студента на семинаре, выражающаяся в формулировании вопросов докладчику и участии в обсуждении доклада.

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

1. Кто и в каком году обосновал Броуновское движение как Марковский процесс? 1) Колмогоров в 1931 году, 2) Марков в 1907 году, 3) Винер в 1925 году, 4) Бокштейн в 1959 году.
2. Что такое диффузия? 1) это процесс переноса вещества, приводящий к возникновению градиента концентрации, реализующийся благодаря перемещениям (скачкам) отдельных частиц (атомов, молекул...) на расстояния большие по сравнению с межатомными. 2) это процесс переноса энергии, приводящий к выравниванию концентрации, реализующийся благодаря перемещениям (скачкам) отдельных частиц (атомов, молекул...) на расстояния большие по сравнению с межатомными, 3) это процесс переноса вещества, приводящий к выравниванию концентрации, реализующийся благодаря взаимодействию отдельных частиц (атомов, молекул...) на расстояния большие по сравнению с межатомными, 4) это процесс переноса вещества, приводящий к выравниванию концентрации, реализующийся благодаря перемещениям (скачкам) отдельных частиц (атомов, молекул...) на расстояния большие по сравнению с межатомными.
3. Присутствует ли корреляция в движении диффундирующих частиц во времени и по ансамблю (т. е. между собой)? 1) отсутствует, 2) присутствует, 3) зависит от времени, 4) зависит от вида частиц.
4. Метод, который обладает высокой чувствительностью, позволяет визуализировать путь диффузии изотопа и изучать самодиффузию? 1) радиография, 2) автордиография, 3) флуоресцентный метод, 4) хроматография
5. Кто опубликовал свои наблюдения зигзагообразного движения частиц суспензии? 1) Перрен, 2) Смолуховский, 3) Эйнштейн, 4) Броун.
6. Области, в которых все атомные магнитные моменты спонтанно ориентированы это: 1) магнитные границы, 2) магнитные домены, 3) доменные границы, 4) ферромагнитные области.
7. Что такое молекулярный ассемблер (описан в книге Дрекслера)? 1) мельчайшая частица атома, 2) молекулярная машина, которая запрограммирована строить молекулярную структуру из более простых химических блоков, 3) субклеточная частица, 4) коллоидный ансамбль ПАВ.
8. Во всех уравнениях диффузии для бесконечных образцов расстояние зависит от времени как:

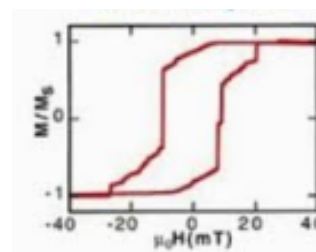
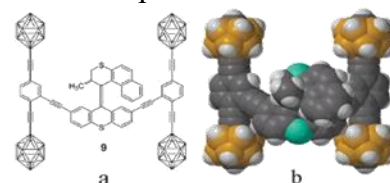
- 1) $\bar{r}^2 \sim t$;
- 2) $\bar{r} \sim t$;
- 3) $\bar{r}^3 \sim t$;
- 4) $\bar{r}^2 \sim t^2$.

9. В отличие от ферромагнетиков суперпарамагнетики и парамагнетики: 1) Не намагничиваются; 2) Их намагниченность меньше единицы; 3) Не достигают магнитного насыщения; 4) Не имеют петлю гистерезиса.
10. В твердых телах диффузия главным образом зависит от: 1) давления; 2) температуры; 3) материала; 4) механических воздействий на тело.

8.2. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (Экзамен)

Максимальная оценка 40 баллов за экзамен.

1. Что такое «Молекулярные сита»? 1) сорбенты, избирательно поглощающие вещества, молекулы которых не превышают определённых размеров. 2) молекулярный фильтр в лазерных устройствах на молекулярных кристаллах, 3) молекулярная решетка для подготовки образцов для электронной микроскопии, 4) стандартный образец пиролитического графита для калибровки зондовых микроскопов
2. Где была синтезирована наномашина (см.рис.) ?
1) Швейцарский филиал IBM, 2) Университет Токио, 3) Питсбургский университет, 4) Райс (Rice) университет.
3. Какую наибольшую удельную поверхность Metal-organic framework structures, удалось достичь Dr. Shuguang Deng (США) в своих работах, которые он представлял на семинаре кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева (видеозапись семинара представлена на сайте семинаров кафедры наноматериалов и нанотехнологии), $\text{м}^2/\text{см}^3$? 1) 100, 2) 300, 3) 1000, 4) 5000.
4. Обычно именно этот эффект определяет дальний магнитный порядок. Играет большую роль в ансамблях наночастиц, тесно соприкасающихся друг с другом: 1) обменное взаимодействие. 2) суперобменное взаимодействие. 3) диполь-дипольное взаимодействие. 4) RKKY-взаимодействие
5. Когда матрица является изолятором, это взаимодействие может реализовываться через промежуточные атомы или ионы (например, кислород), зависит от структуры и природы матрицы и сил связи на границе раздела частица – матрица. Какое это взаимодействие? 1) обменное взаимодействие. 2) суперобменное взаимодействие. 3) диполь-дипольное взаимодействие. 4) RKKY-взаимодействие
6. Приведенный график соответствует: 1) однородное перемагничивание, керлинг. 2) квантование, квантовое туннелирование. 3) явление асперомагнетизма. 4) зарождение, смещение и аннигиляция доменных границ.
7. M_r/M_s и $h c_i$ обозначают, соответственно: 1) намагниченность и коэрцитивная сила. 2) приведенная остаточная намагниченность. и приведенная коэрцитивная сила. 3) остаточная намагниченность и критическое поле (поле перемагничивания). 4) поле перемагничивания и критический угол.
8. Основной механизм самодиффузии и диффузии в твердых растворах 1) примесный междоузельный, 2) вакансионный, 3) обменный, 4) циклический



9. Как изменяется коэрцитивная сила при уменьшении размера частицы: 1) сначала увеличивается, затем уменьшается; 2) сначала уменьшается, затем увеличивается; 3) не изменяется; 4) изменение коэрцитивной силы не связано с изменением размера частицы.
10. Какой из перечисленных факторов является причиной того, что диффузионный перенос по границам зёрен протекает значительно быстрее? 1) высокая концентрации дефектов в зоне контакта, 2) малая концентрация дефектов в зоне контакта, 3) температурный фактор, 4) правильного ответа нет.

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

8.3. Структура и примеры билетов для экзамена

Экзамен по дисциплине «Физические и химические свойства наноматериалов и наносистем» включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 учебной программы. Билет для экзамена состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы экзамена оцениваются из максимальной оценки 40 баллов по 10 баллов за каждый вопрос.

<i>«Утверждаю»</i> Руководитель магистерской программы «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 Наноматериалы и нанотехнологии
	Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
	Физические и химические свойства наноматериалов и наносистем
Билет № 1	
1. Что такое «Молекулярные сита»? 1) сорбенты, избирательно поглощающие вещества, молекулы которых не превышают определённых размеров. 2) молекулярный фильтр в лазерных устройствах на молекулярных кристаллах, 3) молекулярная решетка для подготовки образцов для электронной микроскопии; 4) стандартный образец пиролитического графита для калибровки зондовых микроскопов 2. Какую наибольшую удельную поверхность Metal-organic framework structures, удалось достичь Dr. Shuguang Deng (США) в своих работах, которые он представлял на семинаре кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева (видеозапись семинара представлена на сайте семинаров кафедры наноматериалов и нанотехнологии), м²/см³? 1) 100, 2) 300, 3) 1000, 4) 5000. 3. Основной механизм самодиффузии и диффузии в твердых растворах 1) примесный междоузельный, 2) вакансионный, 3) обменный, 4) циклический 4. Как изменяется коэрцитивная сила при уменьшении размера частицы: 1) сначала увеличивается, затем уменьшается; 2) сначала уменьшается, затем увеличивается; 3) не изменяется; 4) изменение коэрцитивной силы не связано с изменением размера частицы.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева – 2010, т.1 - 148 с., т.2 – 112 с.
2. Юртов Е.В., Королева М.Ю. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева - 2010, - 152 с.
3. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности, ИД Интеллект, 2011 г., 568 с.

Б. Дополнительная литература

1. Шабанова, Н. А. Саркисов П. Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 328 с.
2. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006.-309 с.
3. Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л. Наноматериалы: учебное пособие /. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 365 с.
4. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 431 с.
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит. 2004. - 410 с.
6. Генералов, М. Б. Основные процессы криохимической нанотехнологии. Теория и методы расчета: учебное пособие - СПб. Профессия, 2010. - 348 с.
7. Аверина Ю.М., Субчева Е.Н., Юртов Е.В., Зверева О.В. Композиционные материалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2017, 128 с.
8. Мурадова А.Г., Матвеева А.Г., Юртов Е.В., Бокштейн Б.С. Объемная и зернограничная диффузия. Методические указания по выполнению лабораторной работы, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018, 28 с.
9. Мурадова А.Г., Мурашова Н.М., Шарапаев А.И., Юртов Е.В. Самоорганизующиеся наноструктуры поверхностно-активных веществ. Лабораторный практикум, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018, 64 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Реферативный журнал «Химия» (РЖХ), ISSN 0486-2325
2. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
3. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
4. Журнал «Коллоидный журнал», ISSN 0023-2912
5. Журнал «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X
6. Журнал «Журнал физической химии», ISSN 0044-4537
7. Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172
8. Журнал «Деформация и разрушение материалов»
9. Журнал «Химическая технология», ISSN 1684-5811
10. «Успехи в химии и химической технологии», ISSN 1506-2017
11. Nature Nanotechnology, ISSN 1748-3387, EISSN 1748-3395.

12. ACS Applied Materials & Interfaces, Print Edition ISSN: 1944-8244, Web Edition ISSN: 1944-8252.
13. ACS Nano, Print Edition ISSN 1936-0851, Web Edition ISSN 1936-086X
14. Nano Letters, Print Edition ISSN: 1530-6984, Web Edition ISSN: 1530-6992
15. Nano Today, ISSN 1748-0132.
16. Chemistry of Materials, Print Edition ISSN: 0897-4756, Web Edition ISSN: 1520-5002
17. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, ISSN 0927-7757
18. Langmuir, Print Edition ISSN: 0743-7463, Web Edition ISSN: 1520-5827
19. Политематические базы данных (БД): США: CAPLUS; COMPENDEX; Великобритания: INSPEC; Франция: PASCAL.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.
2. Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org>
3. Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
4. Ресурсы RCS: <http://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=all>
5. Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 8, (общее число слайдов – более 100);
- доклады ведущих российских и зарубежных ученых по наиболее актуальным направлениям развития науки о наноматериалах и нанотехнологии на сайте кафедры наноматериалов и нанотехнологии <http://nano.muctr.ru/conf> – более 30;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 50);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 100).

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 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 «Физические и химические свойства наноматериалов и наносистем» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам лекционного курса и практическим занятиям; образцы наноматериалов и изделий и продуктов с использованием наноматериалов.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; рекламные проспекты с основными видами и характеристиками наноматериалов и изделий из них.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде по составу и свойствам наноматериалов; кафедральная библиотека электронных и печатных изданий.

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		-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе		-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

	подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams			
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath		-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1.	Знает: – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. Умеет: – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. Владеет: – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов. – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за научные доклады Оценка за участие в кафедральных семинарах Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов; – навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.	
Раздел 2	Знает: – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. Умеет: – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. Владеет: – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за научные доклады Оценка за участие в кафедральных семинарах Оценка на экзамене.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов. – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов; – навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.	

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
«Физические и химические свойства наноматериалов и наносистем»
основной образовательной программы

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Флуоресцентные методы детектирования»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии, к.х.н.,
Мурадовой А.Г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и
нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Флуоресцентные методы детектирования»** относится к дисциплинам по выбору учебного плана, части, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физики оптических явлений.

Цель дисциплины - приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области изучения и использования флуоресцентных наноматериалов.

Задачи дисциплины - формирование у обучающихся системных глубоких знаний в области физических и химических процессов и технологии исследования флуоресцентных наноматериалов, способности анализировать и критически оценивать получаемые результаты, предлагать пути решения поставленных задач и находить среди них оптимальный.

Дисциплина **«Флуоресцентные методы детектирования»** 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				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – исследование свойств наносистем и наноматериалов с помощью современных методов анализа; – самостоятельная эксплуатация современного аналитического и синтетического оборудования и приборов в соответствии с квалификацией.	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов; – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем.	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- физические основы люминесценции, флуоресценции;
- люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров;
- теоретические основы нанофотоники;
- метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии.

Уметь:

- формулировать требования к флуоресцентным материалам;
- проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения;
- применять теоретические знания по современным и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.

Владеть:

- навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений;
- навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов.

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
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	2,59	93	70
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,7
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа	в т.ч. в форме пр. подг.
1	Раздел 1. Основные понятия люминесценции. Определение, история, теоретические основы	56	-	6	14	-	36	-
1.1	Люминесценция, фосфоресценция, флуоресценция. Классификация	14	-	2	3	-	9	-
1.2	Люминесценция и ее основные закономерности	14	-	2	3	-	9	-
1.3	Флуоресцентные соединения	14	-	1	4	-	9	-
1.4	Применение	14	-	1	4	-	9	-
2	Раздел 2. Нанопотоника	57	8	7	14	4	36	4
2.1	Введение в терминологию	13	-	1	3	-	9	-
2.2	Свет и наночастицы	14	8	2	3	4	9	4
2.3	Фотонные кристаллы	30	-	4	8	-	18	-
3	Раздел 3. Субволновая микроскопия	31	-	4	6	-	21	-
3.1	Конфокальный флуоресцентный микроскоп.	15	-	2	3	-	10	-
3.2	Флуоресцентная микроскопия полного внутреннего отражения	16	-	2	3	-	11	-
	Всего часов	144	8	17	34	4	93	4

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основные понятия люминесценции. Определение, история, теоретические основы

1.1. Люминесценция, фосфоресценция, флуоресценция. Классификация.

1.2. Люминесценция и ее основные закономерности. Спектры возбуждения, поглощения и люминесценции. Зависимость интенсивности люминесценции от концентрации. Спектральные закономерности молекулярной люминесценции: независимость спектра люминесценции от длины волны возбуждающего света; закон Стокса – Ломмеля; правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции – правило Левшина; универсальное соотношение между спектрами поглощения и люминесценции Степанова. Выход люминесценции. Закон Вавилова. Понятие антистоксовой флуоресценции. Законы затухания люминесценции. Тушение люминесценции.

1.3. Флуоресцентные соединения. Практика люминесцентного анализа актиноидных элементов. Люминесценция по свечению уранила в водных растворах и комплексных соединениях. Люминесценция кристаллофосфоров. Люминесцентные методы анализа, основанные на образовании тройных компонентов.

1.4. Применение флуоресцентных соединений. Место спектрально-оптических измерений в диагностике состояния биологических систем. Понятие неинвазивных и минимально инвазивных методов исследования. Преимущества и возможности флуоресцентной спектроскопии.

Раздел 2. Нанопотоника.

2.1. Введение в терминологию. Понятия «фотоника» и «нанопотоника». Взаимодействие света и вещества. Дифракционный предел.

2.2. Свет и наночастицы. Люминесценция на уровне наноструктур Активация и тушение люминесценции кремниевых наночастиц.

2.3. Фотонные кристаллы. Основы теории фотонных кристаллов. Моделирование оптических эффектов в фотонных кристаллах. Способы получения реальных фотонных кристаллов. Идея и принципы создания метаматериалов.

Раздел 3. Субволновая микроскопия.

3.1 Конфокальный флуоресцентный микроскоп. История развития. Принцип работы. Пространственное разрешение в конфокальной микроскопии. Применение.

3.2 Флуоресцентная микроскопия полного внутреннего отражения. Флуоресцентная наноскопия. Флуоресценция в биологических исследованиях. Детекция флуоресценции. Характеристики флуоресцентной эмиссии. Смежные явления, важные для биологических применений. Преимущества флуоресцентных методов исследования. Флуорофоры. Флуоресцентные зонды и метки. Методы флуоресцентной окраски клеток.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знает:				
1	–	физические основы люминесценции, флуоресценции;	+	+	+
2	–	люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров;	-	+	-
3	–	теоретические основы нанофотоники;	-	+	+
4.	–	метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии.	-	-	+
	Умеет:				
5	–	формулировать требования к флуоресцентным материалам;	+	+	+
6	–	проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения;	+	+	+
7	–	применять теоретические знания по современным и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.	+	+	+
	Владеет:				
8	–	навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений;	+	+	+
9	–	навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов;	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
10	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне	+	+	+
11		ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне	+	+	+
12		ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Соотношение спектров поглощения и флуоресценции	3
		Схематическое изображение процессов испускания и поглощения света	4
		Расчет квантового выхода флуоресценции	6
2	Раздел 2	Активация и тушение люминесценции кремниевых наночастиц	4
		Моделирование оптических эффектов в фотонных кристаллах	6
		Получение фотонных кристаллов	5
3	Раздел 3	Принцип работы конфокального флуоресцентного микроскопа	3
		Флуоресцентная наноскопия	3

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 практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу курса;
- 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, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачета 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 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

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 30 баллов за каждую.

Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка контрольной работы составляет 30 баллов.

Каждая контрольная работа представляет собой набор из 8-10 контрольных заданий и вопросов, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 30 баллов. Контрольная работа содержит 8 вопросов. Для учёта различной сложности контрольных вопросов используется следующая шкала оценивания:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8
Балл	3	5	4	4	4	3	4	3

1. Люминесценция, фосфоресценция, флуоресценция. Основные понятия, классификация.
2. Соотношение спектров поглощения и флуоресценции
3. Схематическое изображение процессов испускания и поглощения света. Диаграмма Яблонского.
4. Квантовый выход флуоресценции.
5. Флуоресцентные соединения. Ядерные флуоресцентные красители.
6. Основные группы флуоресцентных красителей, применяемых для окрашивания нуклеиновых кислот.
7. Зонды для ПЦР в реальном времени.
8. Применение флуоресцентных материалов.

Раздел 2,3. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 30 баллов. Контрольная работа содержит 10 вопросов. Для учёта различной сложности контрольных вопросов используется следующая шкала оценивания:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Балл	2	3	3	4	2	3	5	3	3	2

1. Понятия «фотоника» и «нанопотоника»
2. Взаимодействие света и вещества. Дифракционный предел
3. Свет и наночастицы. Люминесценция на уровне наноструктур
4. Активация и тушение люминесценции кремниевых наночастиц
5. Фотонные кристаллы.
6. Основы теории фотонных кристаллов
7. Моделирование оптических эффектов в фотонных кристаллах
8. Способы получения реальных фотонных кристаллов
9. Характеристики флуоресцентной эмиссии. Смежные явления, важные для биологических применений
10. Преимущества флуоресцентных методов исследования. Флуорофоры. Флуоресцентные зонды и метки

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет оценкой)

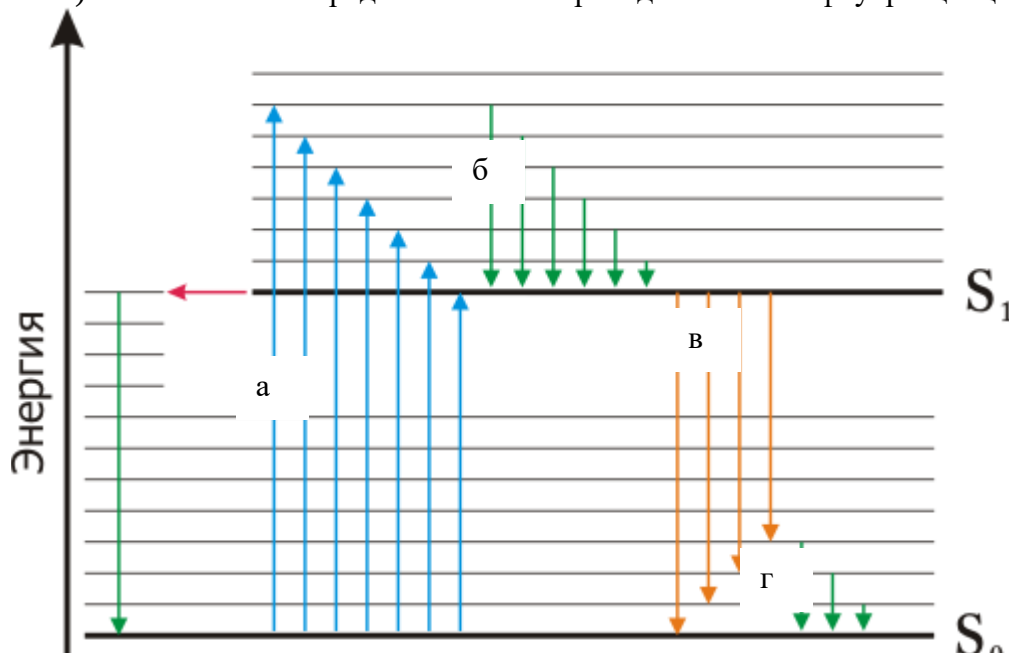
Итоговый контроль проводится в письменной - устной форме (зачет с оценкой). Билет для проведения зачета содержит 1 открытый вопрос, максимальная оценка за вопрос – 10 баллов и 6 вопросов тестовой части, максимальная оценка – 30 баллов, максимальная общая оценка – 40 баллов). Общая оценка зачета складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на зачете. Максимальная оценка зачета с оценкой – 100 баллов.

8.2.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой). Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов

1. Схематическое изображение процессов испускания и поглощения света. Диаграмма Яблонского.
2. Квантовый выход флуоресценции.
3. Флуоресцентные соединения. Ядерные флуоресцентные красители. Понятия «фотоника» и «нанопотоника».
4. Взаимодействие света и вещества. Дифракционный предел.
5. Основы теории фотонных кристаллов.
6. Конфокальная микроскопия.
7. Мультифотонная микроскопия.

Вопросы тестовой части

- 1) Какой из ниже представленных переходов является флуоресценцией?



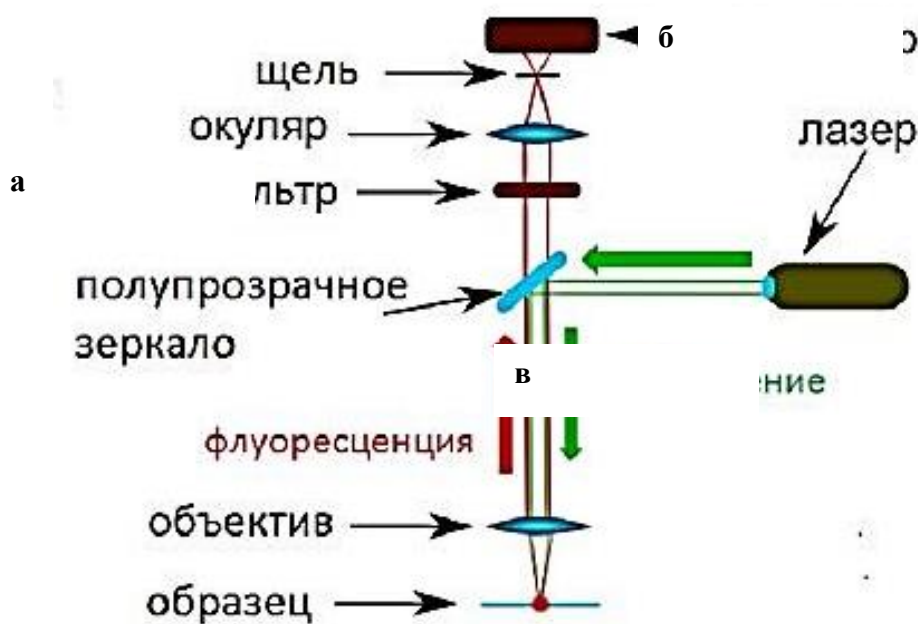
- 2) Стоксов сдвиг это

- а) разница длин волн минимумов спектров поглощения и флуоресценции.
- б) разница длин волн максимумов спектров поглощения и флуоресценции.
- в) разница частот максимумов спектров поглощения и флуоресценции.
- г) разница частот минимумов спектров поглощения и флуоресценции.

- 3) Какая длина волны относится к ультрафиолету?

- а) 700 нм
- б) 280 нм
- в) 500 нм
- г) 620 нм

- 4) Какое время жизни имеет флуоресцентное свечение?
- а) 10-15 сек
 - б) 1 – 2 часа
 - в) 10^{-9} – 10^{-6} сек
 - г) 10^{-2} сек
- 5) Как называется флуоресценция, возникающая в результате проведения химической реакции?
- а) Хемолюминесценция
 - б) Фотолюминесценция
 - в) Сонолюминесценция
 - г) Термолюминесценция
- 6) Какие наночастицы не являются люминесцирующими?
- а) CdS
 - б) Au
 - в) Fe₂O₃
 - г) ZnO
- 7) Какой микроскоп не относится к флуоресцентным?
- а) Конфокальный
 - б) Мультифотонный
 - в) Туннельный
- 8) Существенным недостатком конфокальной микроскопии является:
- а) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового или коротковолнового видимого диапазона, что разрушительно для живых клеток
 - б) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового диапазона, что разрушительно для живых клеток
 - в) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением коротковолнового видимого диапазона, что разрушительно для живых клеток
 - г) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового или коротковолнового видимого диапазона, что никак не влияет на живые клетки
- 9) К фильтрам флуоресцентного микроскопа не относится:
- а) Фильтр возбуждающего света
 - б) Дихроичные зеркала (интерференционные светофильтры)
 - в) Фильтр объектива
 - г) Запирающие фильтры (band pass BP)
- 10) Напишите, что показано буквами на рисунке:



11) Отличием FLIP от FRAP является:

- а) выжигание флуоресценции в одной и той же области образца производится один раз с целью предотвращения восстановления флуоресценции в ней.
- б) выжигание флуоресценции в одной и той же области образца производится несколько раз с целью предотвращения восстановления флуоресценции в ней.
- в) выжигание флуоресценции в одной и той же области образца производится один раз с целью предотвращения восстановления флуоресценции в ней.
- г) выжигание флуоресценции в одной и той же области образца производится несколько раз с целью предотвращения восстановления флуоресценции в ней.

12) Что необходимо для реализации метода FLAP

- а) один из красителей не должен визуализироваться, пока виден другой
- б) оба красителя должны визуализироваться одновременно и независимо
- в) оба красителя должны визуализироваться в разное время
- г) красители должны вступать в химическую связь друг с другом

13) При каком расстоянии будет происходить диполь-дипольное взаимодействие?

- а) 25 нм
- б) 12 нм
- в) 15 нм
- г) 9 нм

14) Скорость переноса не зависит от:

- а) от взаимной ориентации диполей донора и акцептора
- б) от времени жизни возбужденного состояния акцептора в отсутствие донора
- в) от времени жизни возбужденного состояния донора в отсутствие акцептора
- г) степени перекрывания спектров испускания донора и поглощения акцептора

15) Динамическое тушение:

- а) Влияет только на возбужденные состояния флуорофоров

- б) Влияет только на невозбужденные состояния флуорофоров
- в) Образование комплекса в основном состоянии часто приводит к возмущению спектра поглощения флуорофора
- г) Образование комплекса в основном состоянии часто приводит к возбуждению спектра поглощения флуорофора

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

8.3. Структура и примеры билетов для итогового контроля (зачет с оценкой)

Зачет с оценкой по дисциплине «**Флуоресцентные методы детектирования**» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 7 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы **зачета с оценкой** оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 10 баллов, второй и последующий – 5 баллов.

Пример билета для **зачета с оценкой**:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы» Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
	Флуоресцентные методы детектирования
Билет № 1	
1. Квантовый выход флуоресценции. 2. Какая длина волны относится к ультрафиолету? а) 700 нм б) 280 нм в) 500 нм г) 620 нм 3. Какое время жизни имеет флуоресцентное свечение? а) 10-15 сек б) 1 – 2 часа в) 10^{-9}–10^{-6} сек г) 10^{-2} сек 4. Как называется флуоресценция, возникающая в результате проведения химической реакции? а) Хемолюминесценция б) Фотолюминесценция в) Сонолюминесценция г) Термолюминесценция 5. Какие наночастицы не являются люминесцирующими? а) CdS б) Au в) Fe₂O₃	

г) ZnO

6. Какой микроскоп не относится к флуоресцентным?

- а) Конфокальный
- б) Мультифотонный
- в) Туннельный

7. Существенным недостатком конфокальной микроскопии является:

- а) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового или коротковолнового видимого диапазона, что разрушительно для живых клеток
- б) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового диапазона, что разрушительно для живых клеток
- в) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением коротковолнового видимого диапазона, что разрушительно для живых клеток
- г) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового или коротковолнового видимого диапазона, что никак не влияет на живые клетки

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Валиев Р.Р. Квантовая химия в спектроскопии. – Томск : Издательский дом Томского государственного университета, 2018. – 144 с.
2. Трахтенберг Л.И., Мельников М.Я. Металл/полупроводник содержащие композиты. М.: Техносфера, 2016. – 624 с.

Б. Дополнительная литература

1. Дёмин В.В., Половцев И.Г. Фотометрия и ее применения : учебное пособие. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. – 344 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

- Journal of Fluorescence ISSN: 1053-0509 (Print) 1573-4994 (Online) Журнал

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- [http:// www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [http:// www.scopus.com](http://www.scopus.com)

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25).

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 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 *«Флуоресцентные методы детектирования»* проводятся в форме лекционных занятий, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам лекционного курса и практическим занятиям.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основные понятия люминесценции. Определение, история, теоретические основы	Знает: – физические основы люминесценции, флуоресценции; – люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров; – теоретические основы нанофотоники; – метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии. Умеет: – формулировать требования к флуоресцентным материалам; – проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения; – применять теоретические знания по современным и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. Владеет: – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений; – навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов.	Оценка за контрольную работу № 1.
Раздел 2. Нанофотоника.	Знает: – физические основы люминесценции, флуоресценции; – люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров; – теоретические основы нанофотоники; – метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии. Умеет: – формулировать требования к флуоресцентным материалам; – проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения; – применять теоретические знания по современным	Оценка за контрольную работу № 2.

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. Владеет: – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений; – навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов.	
Раздел 3. Субволновая микроскопия.	Знает: – физические основы люминесценции, флуоресценции; – люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров; – теоретические основы нанофотоники; – метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии. Умеет: – формулировать требования к флуоресцентным материалам; – проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения; – применять теоретические знания по современным и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. Владеет: – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений; – навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов.	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 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

«Флуоресцентные методы детектирования»

основной образовательной программы

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Элементы кристаллографии»**

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:
ассистентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии Широких А.Д.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 Наноматериалы**, накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «**Элементы кристаллографии**» относится к вариативной части блока обязательных дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области линейной алгебры и аналитической геометрии.

Цель дисциплины – приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области теории и практики использования кристаллографии и смежных дисциплин, применения кристаллографических знаний для направленного проектирования наноматериалов.

Задачи дисциплины – подготовка к использованию симметричного подхода в разработке и химической технологии наноматериалов путём изучения способов описания строения идеальных и реальных кристаллических структур, ознакомления с основными положениями теории роста нанокристаллов, связи их формы и структуры с симметрией физического и химического окружения; подготовка к самостоятельному анализу и использованию в практической деятельности результатов структурных исследований.

Дисциплина «**Элементы кристаллографии**» преподаётся в 1 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				
– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов; – исследование свойств наносистем и наноматериалов с помощью современных методов анализа; – самостоятельная эксплуатация современного аналитического и синтетического оборудования и	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов;	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок

приборов в соответствии с квалификацией.	компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем.			наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)
– анализ и обобщение результатов научно-исследовательских работ, поиск и анализ научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок, – составление аналитических обзоров, самостоятельная подготовка	– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные) агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.)); – компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.1 Знает требования к экспериментальным образцам наноматериалов и наносистем и результатам научно-исследовательских работ по их разработке ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н

публикаций в отечественных и зарубежных изданиях; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; – участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.	наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.			Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. Д Осуществление научного руководства в соответствующей области знаний (уровень квалификации – 7)

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- современное состояние и перспективные направления работ в области кристаллографии;
- методы представления симметрических операций и особенности взаимодействия элементов симметрии;
- способы задания узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки;
- типы пространственных решёток, способы построения графиков пространственных групп;
- связь формы кристаллов с их структурой и способы управления формой кристаллов.

Уметь:

- представлять симметрические операции, строить графики пространственных и точечных групп симметрии;
- задавать индексы узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки, осуществлять преобразования индексов;
- проводить анализ результатов экспериментальных исследований структуры кристаллических материалов, в том числе наноматериалов;
- формулировать требования к форме кристаллов и условиям их образования для достижения требуемых физических свойств материала;
- проводить анализ научно-технической информации, затрагивающей проблему применения кристаллографических знаний к разработке новых и перспективных наноматериалов;
- применять теоретические знания кристаллографии для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии.

Владеть:

- навыками использования кристаллографического формализма для описания реальной структуры кристаллов;
- навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты применения кристаллографии и смежных дисциплин;
- методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических материалов, в том числе наноматериалов;
- навыками освоения и применения новых методов исследования внутреннего строения кристаллических материалов.

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:	1,42	51	38
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Практические занятия (ПЗ)	1,42	51	38
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	2,58	93	70
Контактная самостоятельная работа	2,58	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,7
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. рабо- ты	Сам. рабо- та
1.	Раздел 1. Точечные группы симметрии	40	-	-	15	-	-	25
1.1	Основные понятия и проецирование кристаллов	6	-	-	3	-	-	3
1.2	Симметрия кристаллов	12	-	-	4	-	-	8
1.3	Элементы теории групп и точечные группы симметрии	22	-	-	8	-	-	14
2.	Раздел 2. Простые формы и морфогенез кристаллов	49	-	-	17	-	-	32
2.1	Методы кристаллографического индирования	10	-	-	4	-	-	6
2.2	Простые формы кристаллов и комбинации простых форм	24	-	-	8	-	-	16
2.3	Основные элементы роста кристаллов	15	-	-	5	-	-	10
3.	Раздел 3. Основы кристаллохимии и физические свойства кристаллов	55	-	-	19	-	-	36
3.1	Симметрия кристаллической структуры	18	-	-	6	-	-	12
3.2	Основы кристаллохимии	13	-	-	3	-	-	10
3.3	Несовершенные кристаллы	9	-	-	3	-	-	6
3.4	Физические свойства кристаллов	7	-	-	3	-	-	4
3.5	Методы исследования внутреннего строения кристаллов	8	4	-	4	4	-	4
	ИТОГО	144	4	-	51	4	-	93

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Точечные группы симметрии

Основные понятия и проецирование кристаллов. Значение и задачи кристаллографии в применении к наукам о наноматериалах и нанотехнологии. Виды проекций, используемые в кристаллографии, их построение. Преимущества и недостатки способов проецирования.

Симметрия кристаллов. Элементы и операции симметрии. Элементы симметрии первого рода. Элементы симметрии второго рода. Сложные оси симметрии. Обозначение элементов симметрии. Способы представления симметрических операций. Взаимодействие элементов симметрии; осевая теорема Эйлера.

Элементы теории групп и точечные группы симметрии. Групповые аксиомы, построение таблицы (квадрата) Кейли; групповые свойства. Вывод точечных групп симметрии. Обозначение точечных групп симметрии в символике Браве, Шэнфлиса и Германа-Могена. Координатные системы в кристаллографии. Категории и сингонии кристаллов. Установка кристаллов.

Раздел 2. Простые формы и морфогенез кристаллов

Методы кристаллографического индизирования. Индексы и символы узлов, рёбер и плоскостей (граней) кристаллов. Параметры Вейсса и символы Миллера. Четырёхиндексные оси гексагональной сингонии, индексы Браве; символы ребер гексагональных кристаллов. Единичная грань в кристаллах разных сингоний. Закон зон.

Простые формы кристаллов и комбинации простых форм. Простые формы в классах с единичным направлением. Простые формы в классах без единичных направлений. Основы гониометрии.

Основные элементы роста кристаллов. Причины и условия образования кристаллов. Механизмы роста кристаллов. Факторы, влияющие на облик кристаллов. Морфологические особенности реальных кристаллов: скульптура граней кристалла, формы роста кристаллов, сростки кристаллов, симметрия двойников. Краткие сведения о способах выращивания кристаллов и управления их внешним обликом в приложении к наноматериалам.

Раздел 3. Основы кристаллохимии и физические свойства кристаллов

Симметрия кристаллической структуры. Пространственная решётка, ячейки Браве. Открытые элементы симметрии: винтовые оси, плоскости скользящего отражения. Взаимодействие закрытых и открытых элементов симметрии. Пространственные группы симметрии; обозначение и вывод пространственных групп симметрии. Построение графиков пространственных групп. Правильные системы точек и их характеристики.

Основы кристаллохимии. Координационные числа, координационные полиэдры, число формульных единиц. Типы химической связи в кристаллах. Плотнейшие шаровые упаковки в кристаллах. Изоструктурность, изотипия, гетеротипия. Основные категории кристаллохимии: морфотропия, полиморфизм, политипия, изоморфизм. Коллоидные кристаллы как частный пример плотнейшей шаровой упаковки.

Несовершенные кристаллы. Напряжения, деформации и упругость кристаллов. Скольжение, элементы и независимые системы скольжения. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Дислокации в наиболее характерных кристаллографических структурах. Точечные дефекты. Двойникование. Особенности проявления структурного несовершенства в нанокристаллических материалах и коллоидных кристаллах.

Физические свойства кристаллов. Скалярные, векторные и тензорные свойства. Связь оптических, электрических и магнитных свойств со структурой кристалла.

Методы исследования внутреннего строения кристаллов. Методы исследования структуры кристаллов. Дифракционные и спектроскопические методы в приложении к исследованию наноматериалов. Анализ данных дифракции рентгеновских лучей и нейтронов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знает:			
1	– современное состояние и перспективные направления работ в области кристаллографии;	+	+	+
2	– методы представления симметрических операций и особенности взаимодействия элементов симметрии;	+	+	+
3	– способы задания узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки;		+	
4	– типы пространственных решёток, способы построения графиков пространственных групп;			+
5	– связь формы кристаллов с их структурой и способы управления формой кристаллов;		+	+
	Умеет:			
6	– представлять симметрические операции, строить графики пространственных и точечных групп симметрии;	+	+	+
7	– задавать индексы узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки, осуществлять преобразования индексов;		+	+
8	– проводить анализ результатов экспериментальных исследований структуры кристаллических материалов, в том числе наноматериалов;			+
9	– формулировать требования к форме кристаллов и условиям их образования для достижения требуемых физических свойств материала;		+	+
10	– проводить анализ научно-технической информации, затрагивающей проблему применения кристаллографических знаний к разработке новых и перспективных наноматериалов;		+	+
11	– применять теоретические знания кристаллографии для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии.	+	+	+
	Владеет			
12	– навыками использования кристаллографического формализма для описания реальной структуры кристаллов;	+	+	+

13	– навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты применения кристаллографии и смежных дисциплин;	+	+	+	
14	– методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических материалов, в том числе наноматериалов;		+	+	
15	– навыками освоения и применения новых методов исследования внутреннего строения кристаллических материалов.			+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
16	ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне	ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне			+
17		ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне			+
18	ПК-3 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	ПК-3.1 Знает требования к экспериментальным образцам наноматериалов и наносистем и результатам научно-исследовательских работ по их разработке	+	+	+
19		ПК-3.3 Владеет навыками решения научных и технических задач в области работ по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Основные понятия и проецирование кристаллов	3
		Симметрия кристаллов	4
		Элементы теории групп и точечные группы симметрии	8
2	Раздел 2	Методы кристаллографического индицирования	4
		Простые формы кристаллов и комбинации простых форм	8
		Основные элементы роста кристаллов	5
3	Раздел 3	Симметрия кристаллической структуры	6
		Основы кристаллохимии	3
		Несовершенные кристаллы	3
		Физические свойства кристаллов	3
		Методы исследования внутреннего строения кристаллов	4

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 практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу курса;
- 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, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачета по курсу.

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 20 баллов за каждую.

Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка контрольной работы составляет 20 баллов.

Каждая контрольная работа представляет собой набор из 8-10 контрольных заданий и вопросов, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 10 вопросов. Для учёта различной сложности контрольных вопросов используется следующая шкала оценивания:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Балл	2	2	1	1	3	2	3	1	2	3

1. Определите какой элемент симметрии получится при взаимодействии элементов симметрии, приведённых на рисунке 1.
2. Постройте схему точечной группы, генератор которой задан графически (Рис. 2). Запишите обозначение группы по Шенфлису.
3. Запишите символами Браве элементы симметрии, содержащиеся в группе D_{2h} .
4. Нарисуйте стереографическую проекцию группы C_2 .
5. Перечислите элементы симметрии молекулы азулена (бицикло-[5.3.0]-дека-1,3,5,7,9-пентаена).
6. Постройте матрицу преобразования кристаллографической системы координат для симметрической операции 2_{xz}^{-1} .
7. Определите какому симметрическому преобразованию соответствует матрица, приведённая ниже.

$$\begin{pmatrix} \bar{1} & \bar{1} & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

8. Какую операцию симметрии необходимо добавить к перечисленным операциям симметрии, чтобы получилась группа: $\{e, m, 3^1, 3^2, \bar{6}^{-1} \dots\}$?
9. В сферу с нанесенной сеткой сферических координат вписан куб так, что одна из его вершин совмещена с северным полюсом, а другая лежит на нулевом меридиане. Определите сферические координаты вершин куба.
10. Определите какие фигуры могут получаться при проецировании правильного октаэдра на плоскость и нарисуйте их.

Рисунок 1

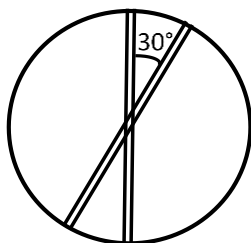
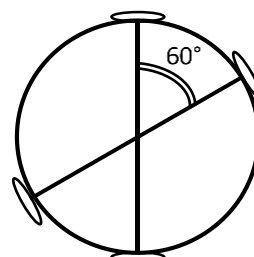


Рисунок 2

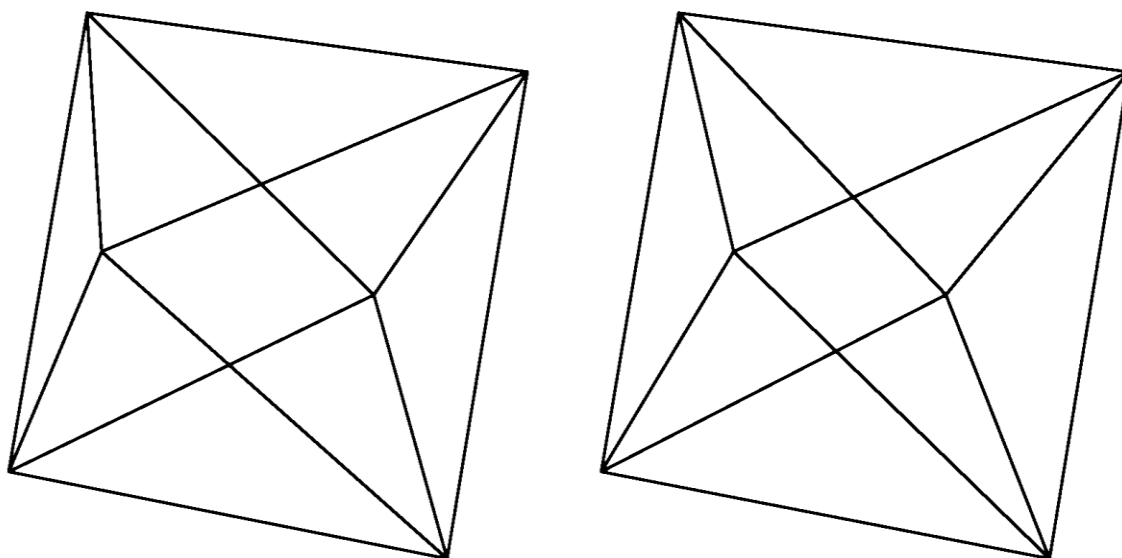


Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 8 вопросов. Для учёта различной сложности контрольных вопросов используется следующая шкала оценивания:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8
Балл	2	3	2	2	3	2	2	4

1. В кристаллическом пространстве с базисными векторами трансляций $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ задан вектор $\vec{R} = x\vec{a} + y\vec{b} + z\vec{c}$. Является ли прямая, параллельная этому вектору, узловым рядом, если x, y, z являются иррациональными числами? Свой ответ обоснуйте.
2. Задан узловой ряд $[320]$. Записать индексы нескольких узлов, лежащих на параллельном узловом ряду, проходящем через узел $[[113]]$.
3. Узловая плоскость отсекает по координатным осям отрезки равные $1a, 3b, 4c$. Каковы её индексы?
4. Постройте гномостереографическую проекцию и назовите общую простую форму в группе C_{2v} . Определите в какой группе эта форма окажется частной.

5. Выведите частные простые формы в группе D_{3d} .
6. К какой группе симметрии может относиться пятигранный тригональный кристалл?
7. Могут ли в огранке кубического кристалла одновременно присутствовать два ромбододекаэдра? Ответ обоснуйте.
8. Какая простая форма кубической сингонии изображена на приведённом ниже рисунке? В каких группах возможны подобные кристаллы?



Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 7 вопросов. Для учёта различной сложности контрольных вопросов используется следующая шкала оценивания:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7
Балл	2	3	2	2	3	2	2

**Элементы кристаллографии. Контрольная №3
№18**

Вариант

1. Покажите с помощью чертежа, что не существует решётки с центрировкой только двух пар граней.
2. Координационное число атомов структуре простого вещества равно 8, а координационный многогранник - куб. Сделайте вывод о геометрическом характере структуры и типах реализованной в ней химической связи.
3. Плотность кристаллов золота (Au) равна $19,32 \text{ г/см}^3$. Вычислите металлический радиус Au, принимая во внимание, что структура золота описывается ГЦК решёткой. Атомная масса золота – 197,0 а.е.м.
4. Постройте график пространственной группы $P4_2mc$.
5. Дополните символ пространственной группы $P \frac{2_1 2_1 2_1}{? c m}$ пропущенным элементом симметрии.
6. Определите симметрию кристалла магнетита (точечная группа O_h) в однородном магнитном поле (предельная группа ∞h), приложенном в направлении $[100]$.
7. Как следует вырезать пластинку из сфалерита (ZnS , точечная группа Td), чтобы при приложении к её граням одноосного сжатия кристалл поляризовался?

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой)

Итоговый контроль проводится в форме устного опроса (зачет с оценкой). Билет для проведения зачета содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов, максимальная общая оценка – 40 баллов). Общая оценка зачета складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на зачете. Максимальная оценка зачета – 100 баллов.

8.2.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов

1. Кристаллическое состояние. Решетка и структура.
2. Элементы и операции симметрии.
3. Способы представления симметрических операций.
4. Кристаллографическая номенклатура.
5. Основные положения теории групп.
6. Взаимодействие симметрических операций.
7. Проецирование кристаллов.
8. Кристаллографические системы координат. Сингонии.
9. Точечные группы симметрии, их вывод.
10. Кристаллографическое индизирование.
11. Закон поясов (зон) Вейсса.
12. Простые формы кристаллов. Гониометрия.
13. Факторы, влияющие на облик кристаллов. Управление формой нанокристаллов.
14. Открытые элементы симметрии.
15. Пространственная решетка. Типы решеток Браве.
16. Пространственные группы симметрии.
17. Обратная решётка – физический смысл и возможности использования.
18. Плотнейшие шаровые упаковки в кристаллах.
19. Изоструктурность, изотипия, гетеротипия.
20. Морфотропия, полиморфизм, политипия, изоморфизм.
21. Физические свойства кристаллов. Принцип Кюри-Неймана.
22. Дифракционные методы исследования внутреннего строения кристаллов.
23. Спектроскопические методы исследования внутреннего строения кристаллов.
24. Дефекты кристаллической структуры.
25. Двойникование. Элементы двойникования. Морфология механических двойников.
26. Коллоидные кристаллы.
27. Скольжение – элементы скольжения, независимые системы скольжения. Максимальные касательные напряжения.
28. Дислокации в кристаллах основных типов. Дефекты решётки и частичные дислокации. Вектор Бюргерса.
29. Поверхности раздела в кристаллах и нанокристаллах.
30. Способы выращивания кристаллов.

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

8.3. Структура и примеры билетов для итогового контроля (зачет с оценкой)

Зачет с оценкой по дисциплине «*Элементы кристаллографии*» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для *зачета с оценкой* состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы *зачета с оценкой* оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим

образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 10 баллов, второй – 15 баллов, третий вопросы – 15 баллов.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы» Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
	Элементы кристаллографии
Билет № 1	
1. Элементы и операции симметрии.	
2. Плотнейшие шаровые упаковки в кристаллах.	
3. Дифракционные методы исследования внутреннего строения кристаллов.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Шаскольская, М. П. Кристаллография: учебное пособие для вузов / М.П. Шаскольская. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1984. - 376 с.
2. Минералогия и кристаллография: методические указания по выполнению контрольных работ: Учебное пособие / сост.: О. П. Барина, С. В. Кирсанова. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. - 51 с.

Б. Дополнительная литература

1. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия: учебник / Ю.К. Егоров-Тисменко; под ред. академика В.С. Урусова. — М.: КДУ, 2005. — 592 с.
2. Егоров-Тисменко Ю.К., Литвинская Г.П., Загальская Ю.Г. Кристаллография. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1973. – 163 с.
3. Егоров-Тисменко Ю.К., Литвинская Г.П. Теория симметрии кристаллов. – М.: ГЕОС, 2000. – 410 с.
4. Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах. – М.: Мир, 1974. – 496 с.
5. Майер, А. А. Процессы роста кристаллов: учеб. пособие / А.А. Майер. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1999. - 176 с.
6. Задачи по кристаллографии: Учеб. Пособие для вузов / Под ред. Е.В. Чупрунова, А.Ф. Хохлова. – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2003. – 208 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Кристаллография», ISSN 0023-4761
2. Журнал «Журнал структурной химии», ISSN 0136-7463
3. Журнал «CrystEngComm», ISSN 1466-8033

4. Журнал «Journal of Chemical Crystallography», ISSN 1074-1542
5. Журнал «Journal of Crystal Growth», ISSN 0022-0248

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- [http:// www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [http:// www.scopus.com](http://www.scopus.com)

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25).

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 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 «*Элементы кристаллографии*» проводятся в форме практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям; иллюстрации моделей кристаллических структур и макетов закрытых простых форм.

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

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

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	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы кристаллографического формализма	Знает: – современное состояние и перспективные направления работ в области кристаллографии; – методы представления симметрических операций и особенности взаимодействия элементов симметрии; Умеет: – представлять симметрические операции, строить графики пространственных и точечных групп симметрии. Владеет: – навыками использования кристаллографического формализма для описания реальной структуры кристаллов; – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты применения кристаллографии и смежных дисциплин.	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка на зачёте.
Раздел 2. Методы кристаллографического индизирования и морфогенез кристаллов	Знает: – современное состояние и перспективные направления работ в области кристаллографии; – методы представления симметрических операций и особенности взаимодействия элементов симметрии; – связь формы кристаллов с их структурой и способы управления формой кристаллов. – способы задания узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки; Умеет: – применять теоретические знания кристаллографии для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии. – проводить анализ научно-технической информации, затрагивающей проблему применения кристаллографических знаний к разработке новых и перспективных наноматериалов; – формулировать требования к форме кристаллов и условиям их образования для	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка на зачёте.

	достижения требуемых физических свойств материала; – представлять симметрические операции, строить графики пространственных и точечных групп симметрии. Владеет: – методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических материалов, в том числе наноматериалов; – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты применения кристаллографии и смежных дисциплин; – навыками использования кристаллографического формализма для описания реальной структуры кристаллов.	
Раздел 3. Основы кристаллохимии и физические свойства кристаллов	Знает: – современное состояние и перспективные направления работ в области кристаллографии; – методы представления симметрических операций и особенности взаимодействия элементов симметрии; – связь формы кристаллов с их структурой и способы управления формой кристаллов. – типы пространственных решёток, способы построения графиков пространственных групп. Умеет: – применять теоретические знания кристаллографии для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии. – проводить анализ научно-технической информации, затрагивающей проблему применения кристаллографических знаний к разработке новых и перспективных наноматериалов; – формулировать требования к форме кристаллов и условиям их образования для достижения требуемых физических свойств материала; – проводить анализ результатов экспериментальных исследований	Оценка за контрольную работу № 3. Оценка на зачёте.

	структуры кристаллических материалов, в том числе наноматериалов; – представлять симметрические операции, строить графики пространственных и точечных групп симметрии. Владеет: – навыками освоения и применения новых методов исследования внутреннего строения кристаллических материалов. – методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических материалов, в том числе наноматериалов; – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты применения кристаллографии и смежных дисциплин; – навыками использования кристаллографического формализма для описания реальной структуры кристаллов; – навыками освоения и применения новых методов исследования внутреннего строения кристаллических материалов.	

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

**«Элементы кристаллографии»
основной образовательной программы**

28.04.03 Наноматериалы

магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

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: Лемешев Дмитрий Олегович
Проректор по учебной работе,
Ректорат

Подписан: 28/03/2026 14:50:20