

**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

«Массоперенос в наносистемах»

Направление подготовки

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки

«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена д.ф.-м.н, Зав. кафедрой наноматериалов и нанотехнологии, доцентом Родиным А.О.

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 – бакалавриат по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *наноматериалов и нанотехнологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Массоперенос в наносистемах»** относится к обязательным дисциплинам вариативной части учебного плана и входит в специальные дисциплины. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют базовую подготовку по фундаментальным дисциплинам физико-математической, химической и химико-технологической направленности.

Цель дисциплины – приобретение студентами знаний в области транспортных свойств систем, наук о материалах, в том числе связанных с общими подходами к описанию процессов массопереноса и особенностях массопереноса в наносистемах.

Задачи дисциплины – формирование у обучающихся знаний и умений, связанных с расчетами потоков веществ в разных системах, включая гомогенные и гетерогенные, роль поверхностей раздела и связь массопереноса с особенностями структуры и природы систем.

Дисциплина **«Массоперенос в наносистемах»** преподается в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Наименование категории (группы) ПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
	ПК-1 Способен использовать на практике знания об основных типах металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	– ПК-1.2 Умеет использовать на практике знания об основных типах материалов и о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов

	ПК-2 Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания	- ПК-2.2 Умеет применять навыки комплексных исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания
	ПК-3 Способен использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, разрабатывать рекомендации по составу, технологии производства и способам обработки конструкционных, функциональных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	ПК-3.1 Знает традиционные и новые технологические процессы получения и модификации материалов с целью повышения их конкурентоспособности

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основные движущие силы массопереноса;
- основные механизмы диффузии;
- методы расчета потоков веществ в зависимости от типа систем;
- роль поверхностей раздела в массопереносе;
- особенности массопереноса в наносистемах;
- способы учета потоков веществ при описании процессов при получении и использовании наноматериалов.

Уметь:

- оценивать потоки вещества и движущие силы, вызывающие эти потоки;
- рассчитывать параметры диффузии, в том числе в наносистемах;
- предсказывать изменение диффузионных характеристик в зависимости от типа и структуры систем, в том числе наносистем;
- предсказывать влияния разных факторов, на массоперенос в процессах получения и эксплуатации материалов и наносистем.

Владеть:

- Навыками определения параметров диффузии по экспериментальным данным;
- Навыками расчета скорости роста фаз диффузионным путем.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	6	216	162
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	3
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	6
Самостоятельная работа	3,67	132	99
Контактная самостоятельная работа	2,67	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		132	99
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
1.	Раздел 1. Макроскопическое описание массопереноса	42	0	8	4	0	30
1.1	Введение. История изучения массопереноса. Основные этапы.	8	0	2		0	6
1.2	Потоки свойств и кинетические характеристики систем.	10	0	2	2	0	6
1.3	Уравнения диффузии.	9	0	2	1	0	6
1.4	Геометрия диффузионных задач	15	0	2	1	0	12
2.	Раздел 2. Диффузия, случайные блуждания, вязкость	50	2	10	4	2	36
2.1	Диффузия. Модель Эйнштейна и теория смолуховского	6	0	2	0	0	4
2.2	Диффузия в газах. Коэффициент диффузии и вязкость газа	9	0	2	1	0	6
2.3	Диффузия и броуновское движение. Вязкость жидкости.	9	0	2	1	0	6
2.4	Ньютоновские и неньютоновские жидкости.	12	0	2	2	0	8
2.5	Методы определения коэффициентов диффузии	14	2	2	0	2	12
3	Раздел 3. Механизмы диффузии в твердых телах	50	0	8	6	0	36
3.1	Механизмы диффузии в твердых телах	9	0	2	1	0	6
3.2	Вакансии и другие дефекты.	9	0	2	1	0	6
3.3	Диффузия в ионных кристаллах и интерметаллидах	10	0	2	2	0	6
3.4	Диффузионный рост фаз	22	0	2	2	0	18
4	Раздел 4. Диффузия в наносистемах	38	4	6	2	4	30
4.1	Диффузия по границам зерен	15	2	2	1	2	12
4.2	Диффузия в тонких пленках	15	2	2	1	2	12
4.3	Массоперенос в пористых системах	8	0	2	0	0	6
	Подготовка к экзамену	36					36
	ИТОГО	216	6	32	16	6	168

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Макроскопическое описание массопереноса

Введение. История изучения массопереноса. Основные этапы.

Краткое изложение истории изучения процессов массопереноса и диффузии. Наблюдения да Винчи. Формула Пуазейля. Броуновское движение. Предыстория законов Фика. Случайные блуждания. Уравнение Эйнштейна и Смолуховского. Эксперименты Аустена. Опыты Киркендала

Потоки свойств и кинетические характеристики систем.

Законы Фурье, Ома, Пуазеля, Фика. Общность подходов. Теория Онзагера и пригожинская термодинамика как обобщение.

Уравнения диффузии.

Уравнение непрерывности. Второе уравнение Фика. Движущие силы и кинетические коэффициенты. Формулировка проблем диффузии – теплопроводности. Стационарные и нестационарные задачи.

Геометрия диффузионных задач

Ограниченное и неограниченное пространство. Симметрия. Начальные и граничные условия. Простейшие решения. Наличие потоков.

Раздел 2. Диффузия, случайные блуждания, вязкость

Методы определения коэффициентов диффузии

Диффузия в газах, жидкостях и твердых телах. Определение коэффициентов диффузии в разных случаях. Типы коэффициентов диффузии. Особенности твердых тел. Использование первого и второго законов Фика для определения коэффициента диффузии.

Диффузия. Модель Эйнштейна и теория Смолуховского.

Связь между коэффициентом диффузии в законах Фика, теории Эйнштейна и Смолуховского. Коэффициент диффузии как постоянная величина. Нелинейные задачи диффузии.

Диффузия в газах. Коэффициент диффузии и вязкость газа.

Диффузия в газах. Коэффициент диффузии как функция температуры. Диффузионные и конвективные потоки. Газовые смеси.

Диффузия и броуновское движение. Вязкость жидкости.

Диффузия и броуновское движение: общность и отличие. Диффузионный и конвективный массоперенос.

Ньютоновские и неньютоновские жидкости.

Вязкость как функция скорости потока. Движение жидких сред. Капиллярные силы. Профиль течения.

Раздел 3. Механизмы диффузии в твердых телах

Механизмы диффузии в твердых телах.

Связь диффузии и кристаллической структуры. Частота скачков атомов. Вакансии и межузлия. Частота скачков вакансий.

Вакансии и другие дефекты.

Равновесные и неравновесные вакансии. Эмпирические оценки коэффициентов диффузии и их обоснование. Особенности диффузии в германии и кремнии.

Диффузия в ионных кристаллах и интерметаллидах

Особенности ионных кристаллов и интерметаллидов. Различия в коэффициентах диффузии.

Диффузионный рост фаз.

Образование фаз на поверхности. Задачи Вагнера. Рост изолированных частиц. Модель Зенера и Хэма. Модель Лифшица-Слезова-Вагнера.

Раздел 4. Диффузия в наносистемах

Диффузия по границам зерен

Изолированная граница. Режимы диффузии в поликристаллах. Модель Фишера. Решение Фишера, Уиппла и Созуоки.

Диффузия в тонких пленках.

Особенности тонких пленок. Напряжения. Диффузионный насос.

Массоперенос в пористых системах

Пористые среды. Диффузия ад-атомов, поверхностная диффузия и капиллярные эффекты.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
Знать:					
1	основные типы движущие силы массопереноса;	+	+		+
2	основные механизмы диффузии;		+	+	
3	методы расчета потоков веществ в зависимости от типа систем;	+	+		+
4	роль поверхностей раздела в массопереносе;		+		+
5	особенности массопереноса в наносистемах;			+	+
6	способы учета потоков веществ при описании процессов при получении и использовании наноматериалов.			+	+
Уметь:					
7	оценивать потоки вещества и движущие силы, вызывающие эти потоки;	-	+		
8	– рассчитывать параметры диффузии, в том числе в наносистемах;		+	+	+
9	– предсказывать изменение диффузионных характеристик в зависимости от типа и структуры систем, в том числе наносистем;			+	+
10	– предсказывать влияния разных факторов, на массоперенос в процессах получения и эксплуатации материалов и наносистем.	-	+	+	+
Владеть:					
11	– Навыками определения параметров диффузии по экспериментальным данным;	-	+		+
12	– Навыками расчета скорости роста фаз диффузионным путем.			+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК			
13	ПК-1 Способен использовать на практике знания об основных типах металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	– ПК-1.2 Умеет использовать на практике знания об основных типах материалов и о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	+		+

14	ПК-2 Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания	- ПК-2.2 Умеет применять навыки комплексных исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания		+		+
15	ПК-3 Способен использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, разрабатывать рекомендации по составу, технологии производства и способам обработки конструкционных, функциональных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	ПК-3.1 Знает традиционные и новые технологические процессы получения и модификации материалов с целью повышения их конкурентоспособности	+	+		+

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	Потоки свойств и кинетические характеристики систем.	2
2	Раздел 1	Решение уравнений диффузии	2
3	Раздел 2	Диффузия в жидкостях и газах.	2
4	Раздел 2	Потоки жидкости и газа.	2
5	Раздел 3	Механизмы диффузии в твердых телах.	2
6	Раздел 3	Вакансии. Оценки коэффициентов диффузии.	2
7	Раздел 3	Рост фаз.	2
8	Раздел 4	Диффузия в наносистемах	2

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Массоперенос в наносистемах*» не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- поиск материалов по теме;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами и электронными базами данных;
- выполнение домашних заданий;
- Выполнение работ на тренажерах и обработку результатов, на них полученных.

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 тест (1 тест 10 баллов), выполнение работ по моделированию диффузионного эксперимента (2 работы по 20 баллов), расчетное задание по диффузии по границам зерен (1 задача 10 баллов), а также экзамен (40 баллов). Экзамен проставляется по итогу выполнения всех заданий по следующей схеме:

Оценка «отлично» ставится если набрано 85 и более баллов;

Оценка «хорошо» ставится если набрано 70 и более баллов, при этом за экзамен набрано не менее 20 баллов;

Оценка «удовлетворительно» ставится если набрано 50 и более баллов;

Оценка «неудовлетворительно» ставится если набрано менее 50.

При неявке на экзамен ставится оценка «неявка»

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Не предусмотрено

8.2. Примеры контрольных вопросов (проверка) для текущего контроля освоения дисциплины

Тест №1

Запишите первое уравнение Фика. Обозначьте все величины.

Сформулируйте задачу диффузии для одномерного случая в декартовых координатах. Источник с постоянной концентрацией в точке $x=X_0$. Образец бесконечный.

Оцените коэффициент самодиффузии воды при 0 °C, если вязкость равна 1 сПз.

Докажите, что приведенная функция является решением уравнения диффузии с заданными начальными и граничными условиями.

Домашнее задание № 1

Моделирование диффузии в системе с полной растворимостью.

Выберите систему с полной растворимостью

Определите коэффициент диффузии при 4-5 температурах и параметры температурной зависимости

Сравните полученный результат с литературными данными и эмпирическими оценками

Оцените поток вещества, прошедший в систему за заданное время.

Оцените количество вещества попавшее внутрь за заданное время.

Домашнее задание № 2

Моделирование диффузии в системе с ограниченной растворимостью.

Выберите систему с полной растворимостью

Определите коэффициент диффузии при 4-5 температурах и параметры температурной зависимости

Сравните полученный результат с литературными данными и эмпирическими оценками

Оцените поток вещества, прошедший в систему за заданное время.

Оцените количество вещества попавшее внутрь за заданное время.

Расчетное задание

Рассчитайте размер частицы за заданное время

Оцените глубину проникновения по границам зерен и объему для заданного вещества, за заданное время при заданной температуре.

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена

По дисциплине «*Массоперенос в наносистемах*» экзамен предусмотрен учебным планом. Экзамен представляет собой 8 заданий, каждое из которых оценивается в 8 баллов.

Пример заданий на экзамен представлен ниже.

1. Напишите математическую формулировку задачи и ее решение диффузии в одномерном бесконечном образце для $D = \text{const}$ граничных условиях: $c(-x,0) = c_0$; $c(x,0) = 4c_0$. Как изменится формулировка задачи, если вблизи поверхности раздела действуют механические напряжения, спадающие по гауссовому закону.

2. По трубе длиной 2 м и диаметром 1 см течет вода с вязкостью 1 сПз. Чему равна скорость течения жидкости если разница давлений на концах 10 Па. Как изменится решение, если вместо жидкости по трубе будет проходить газ?

3. Оцените коэффициент диффузии и вязкость гелия при комнатной температуре если его концентрация 10 моль/м³.

4. Оцените коэффициент самодиффузии никеля при температуре 0,8Тпл, если энергия образования вакансий 1,2 эВ, энергия миграции 1,1 эВ. Плотность никеля (ГЦК решетка) 8,9 г/см³, M=59 г/моль.
5. Сравните глубину на которой концентрация составит C/C(x=0)=0.1 при диффузии по границе и по объему зерна. Для расчета возьмите:
диффузانت ограничено растворим в матрице
коэффициент диффузии в объеме – 10⁻¹² м²/с
тройное произведение ЗГД – 10⁻¹⁵ м³/с
Время – 10 часов.
6. Протекает диффузия компонента В за время t в образце, состоящем из сплава состава А-В. При уменьшении температуры от 900 до 800 К толщина слоя растущей фазы уменьшается в 10 раз, ширина области гомогенности – на 20%, а прилегающей двухфазной области увеличивается на 40%. Рассчитайте энергию активации диффузии. Примите $b \ll 1$.
7. Из пересыщенного раствора Al-Cu растет изолированная частица CuAl₂. Оцените размер частицы через 1 час, если коэффициент диффузии меди в алюминии равен 10⁻¹⁴ м²/с, а алюминия в медь – 10⁻¹⁸ м²/с.
8. В пересыщенном твердом растворе на основе алюминия происходит процесс диффузионной коалесценции частиц соединения CuAl₂. Рассчитайте средний размер частиц после 1 часа отжига при 500оС, если начальный радиус частиц равен 0,05 мкм. Примите свойства образующейся фазы такими же, как для чистого алюминия.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Бокштейн Б.С., Ярославцев А. Б. Диффузия атомов и ионов в твердых телах М.: Изд-во МИСиС, 2005
2. Бокштейн Б. С. Диффузия в металлах: учеб. пособие для студ. вузов по спец.- Физика металлов М.: Металлургия, 1978

Б. Дополнительная литература

Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия, М. Металлургия, 1999.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. База данных Роспатента www.fips.ru
2. База данных научных статей <http://elibrary.ru>
3. База данных научных статей <http://sciencedirect.com>
- 4.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

Для реализации данной дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения:

- компьютерные презентации к лекционным занятиям, общее число слайдов – более 100;

- раздаточный материал по лекциям
- Компьютерные тренажеры Диффузия в металлах и Диффузия по границам зерен

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 *«Массоперенос в наносистемах»* 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.

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. Макроскопическое описание массопереноса	<i>Знает:</i> - основные движущие силы массопереноса; - методы расчета потоков веществ в зависимости от типа систем; <i>Умеет:</i> - оценивать потоки вещества и движущие силы, вызывающие эти потоки;	тест; ДЗ1 ДЗ2 Экзамен
Раздел 2. Диффузия, случайные блуждания, вязкость	<i>Знает:</i> - методы расчета потоков веществ в зависимости от типа систем;- подходы к обработке результатов исследований; <i>Умеет:</i> - рассчитывать параметры диффузии, в том числе в наносистемах; – предсказывать изменение диффузионных характеристик в зависимости от типа и структуры систем, в том числе наносистем; <i>- Владеет:</i> - Навыками определения параметров диффузии по экспериментальным данным;	ДЗ1 ДЗ2 Экзамен
Раздел 3. Механизмы диффузии в твердых телах	<i>Знает:</i> - основные механизмы диффузии; <i>Умеет:</i> – предсказывать влияния разных факторов, на массоперенос в процессах получения и эксплуатации материалов и наносистем. – предсказывать изменение диффузионных характеристик в зависимости от типа и структуры систем, в том числе наносистем; <i>- Владеет:</i> - Навыками расчета скорости роста фаз диффузионным путем.	Тест Расчетное задание Экзамен
Раздел 4. Диффузия в наносистемах	<i>Знает:</i> - роль поверхностей раздела в массопереносе; - особенности массопереноса в наносистемах;	Расчетное задание Экзамен

	- способы учета потоков веществ при описании процессов при получении и использовании наноматериалов. <i>Умеет:</i> - предсказывать изменение диффузионных характеристик в зависимости от типа и структуры систем, в том числе наносистем; - предсказывать влияния разных факторов, на массоперенос в процессах получения и эксплуатации материалов и наносистем.	

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).

**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 НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ
МАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии
материалов»**

**Профиль – «Материаловедение и технология наноматериалов и
наносистем»**

Квалификация - бакалавр

Москва 2025

Программа составлена д.ф-м.н. профессором кафедры наноматериалов и нанотехнологии
М.Н. Филипповым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

«14 » мая 2025 г., протокол № 11

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**, профиль **«Материаловедение и технология наноматериалов и наносистем»**, рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Методы анализа наноструктурированных материалов»** относится к вариативной части учебного плана, к блоку дисциплин вариативной части.

Цель дисциплины является приобретение знаний о существующих методах исследования нанообъектов и наносистем и принципах, на которых основано современное диагностическое и аналитическое оборудование.

Основной задачей дисциплины является формирование у обучающихся представлений о фундаментальных принципах, физических пределах различных методов и их точностным характеристикам.

Дисциплина **«Методы анализа наноструктурированных материалов»** преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Методы анализа наноструктурированных материалов»** при подготовке бакалавров по направлению **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**, профиль **«Материаловедение и технология наноматериалов и наносистем»** направлено на формирование следующих компетенций:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью	- основные типы металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества металлических, неметаллических и композиционных материалов и	ПК-2 Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания	ПК-2.1 Знает основные принципы и методики комплексных исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания ПК-2.2 Умеет применять навыки комплексных исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания ПК-2.3 Владеет основными методами	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации

комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и жизнедеятельности.		комплексных исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания	свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия;	ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	ПК-4.1. Знает основные типы наноматериалов и наносистем и их свойства, способы их анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов ПК-4.2 Умеет выбирать методы исследования основных типов	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов

экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	- методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред;		наноматериалов, анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов ПК-4.3. Владеет основными методами анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта

– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности. - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов,	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	ПК-5.1 Знает основные виды источников научно-технической документации в области наноструктурированных материалов, методы ее поиска и анализа ПК-5.2 Умеет анализировать научно-техническую документацию в области наноструктурированных материалов и применять полученную информацию для разработки новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов ПК-5.3 Владеет методами разработки новых и совершенствования действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноструктурированных	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н.

воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем;		материалов и составления научно-технической документации в области наноматериалов и наносистем	С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины обучающийся должен
знать:

- физико-химические основы методов исследования, анализа и диагностики наноматериалов и наносистем;
- физические основы сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, туннельной и атомно-силовой микроскопии;
- физические основы спектроскопических и дифракционных методов изучения и анализа наносистем и наноматериалов
- виды и устройство основных приборов для исследования, анализа и диагностики наноматериалов и наносистем;
- основные требования к объектам анализа для различных методов исследования, анализа и диагностики наноматериалов и наносистем;

уметь:

- выбирать необходимый метод анализа и диагностики наночастиц, наноматериалов и наносистем в соответствии с поставленной исследовательской целью;
- оценивать достоверность полученных результатов анализа наночастиц и наноматериалов;
- проводить сравнение результатов, полученных разными методами;

владеть:

- навыками использования различных технических средств для измерения и контроля основных параметров наночастиц и наноматериалов;
- навыками анализа полученных результатов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	6,0	216
Аудиторные занятия:	2,67	96
Лекции (Лек)	1,33	48
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16
Лабораторные работы	0,89	32
Самостоятельная работа (СР):	2,33	102
Вид контроля: экзамен	1,0	18
Контактная работа – промежуточная аттестация	1,0	0,3
Подготовка к экзамену		17,7

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В астрон. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	6,0	162
Аудиторные занятия:	2,67	72
Лекции (Лек)	1,33	36
Практические занятия (ПЗ)	0,45	12
Лабораторные работы	0,89	24
Самостоятельная работа (СР):	2,33	76,5
Вид контроля: экзамен	1,0	13,5
Контактная работа – промежуточная аттестация	1,0	0,225
Подготовка к экзамену		13,275

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек	Лаб	ПЗ	СР
1	Раздел 1. Особенности исследования нанобъектов и наносистем	42	12	-	4	26
1.1	Введение	6	4	-	-	2
1.2	Микроскопические методы	12	4	-	-	8
1.3	Теория молекулярного рассеяния света	12	4	-	-	8
1.4	Физические основы электронной микроскопии	12	-	-	4	8
2	Раздел 2. Методы микроскопии	74	12	24	8	30
2.1	Растровая электронная микроскопия	26	4	8	4	10
2.2	Просвечивающая электронная микроскопия	26	4	8	4	10
2.3	Сканирующая зондовая микроскопия	22	4	8	-	10
3	Раздел 3. Спектральные методы анализа. Дифракционные методы исследования	82	24	8	4	46
3.1	Рентгеноспектральный микроанализ	10	4	-	-	6
3.2	Электронная спектроскопия	12	4	-	-	8
3.3	Масс-спектрометрия вторичных ионов	12	4	-	-	8
3.4	Интерферометрические методы измерения наноперемещений	12	4	-	-	8
3.5	Дифракционные методы исследования нанобъектов	24	4	8	4	8
3.6	Методы выявления квантово-размерных эффектов	12	4	-	-	8
	Всего часов	198	48	32	16	102
	Подготовка к экзамену	18	-	-	-	-
	Всего часов	216				

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Особенности исследования нанобъектов и наносистем

1.1. Введение. Особенности исследования нанобъектов и наносистем. Методы изучения физико-химических процессов в наносистемах, физических, химических и биологических свойств и эксплуатационных характеристик наноматериалов, устройств, приборов и изделий на их основе. Специфика линейных измерений, химического анализа и определения структурных параметров нанобъектов. Требования к точности измерений и метрологическим характеристикам методов анализа и диагностики наночастиц и наноматериалов.

1.2. Микроскопические методы. Основные понятия: увеличение микроскопа, полезное увеличение, дифракционный предел пространственного разрешения оптического микроскопа. Принципы построения увеличенного изображения. Приборы с параллельным и последовательным формированием изображения. Принцип построения изображения в растровом (сканирующем) микроскопе. Пространственное разрешение и глубина резкости.

1.3. Теория молекулярного рассеяния света. Основы теории рассеяния света. Рэлеевское рассеяние. Комбинационное рассеяние света. Вынужденное комбинационное рассеяние. Спектроскопия рассеяния света.

1.4. Физические основы электронной микроскопии. Эмиссия электронов. Термоэлектронная и вторичная электронная эмиссия. Автоэлектронная (полевая) эмиссия. Эффект тепловых скоростей. Источники электронов (электронные пушки) для электронных микроскопов. Типы используемых катодов. Преимущества и недостатки катодов с автоэлектронной эмиссией. Понятие об электронной оптике, магнитные линзы. Вакуумные условия для различных типов электронных микроскопов. Основы взаимодействия электронного пучка средних энергий с твердым телом. Пробег электронов в твердом теле. Основные взаимодействия – упругое и неупругое рассеяние. Вторичная электронная эмиссия. Генерация тормозного и характеристического рентгеновского излучения. Оже-эффект и оже-электронная эмиссия. Радиационные повреждения исследуемого объекта. Детекторы информативных сигналов в электронной микроскопии.

Предельные возможности электронной микроскопии

Раздел 2. Методы микроскопии

2.1. Растровая электронная микроскопия. Общая схема и принцип действия растрового электронного микроскопа. Типы катодов, используемые в растровой электронной микроскопии. Их сравнительные преимущества и недостатки. Режим регистрации медленных вторичных электронов. Детектор медленных вторичных электронов. Механизм формирования контраста изображения. Кантен-эффект. Пространственное разрешение и информативные возможности. Ограничения на характеристики образца – тепло- и электропроводность. Режим регистрации обратно рассеянных электронов. Информативные возможности, пространственное разрешение, применение. Растровый электронный микроскоп – средство измерения линейных размеров в нанодиапазоне. Калибровка в нанодиапазоне. линейные меры в нанодиапазоне. Предельные возможности растровой электронной микроскопии при измерении линейных размеров нанообъектов. Пространственное разрешение.

2.2. Просвечивающая электронная микроскопия. Общая схема и принцип действия просвечивающего электронного микроскопа. Реализация режимов наблюдения изображения (темное и светлое поле), микродифракции. Электронография. Механизмы формирования контраста изображения в просвечивающем электронном микроскопе. Просвечивающий электронный микроскоп как средство изучения нанообъектов. Предельные возможности просвечивающего электронного микроскопа. Требования к объектам исследования.

2.3. Сканирующая зондовая микроскопия. Основные физические принципы сканирующей зондовой микроскопии. Туннельная и атомно-силовая зондовая микроскопия. Информативные возможности и пространственное разрешение. Основные элементы сканирующего зондового микроскопа. Применение при исследовании нанообъектов и линейных измерениях в нанодиапазоне.

Раздел 3. Спектральные методы анализа. Дифракционные методы исследования

3.1. Рентгеноспектральный микроанализ. Генерация рентгеновского излучения при взаимодействии электронов с твердым телом. Основные принципы рентгеноспектрального анализа. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон

Мозли. Закономерности в рентгеновских спектрах. Спектральные серии. Тормозное рентгеновское излучение. Принципы разложения рентгеновского излучения в спектр. Спектрометры с волновой и энергетической дисперсией. Рентгеновский микроанализ с электронным зондом. Метрологические характеристики (локальность, предел обнаружения, диапазон определяемых содержаний, диапазон определяемых элементов). Устройство рентгеновского микроанализатора. Принципы количественного анализа. Рентгеновский микроанализ в просвечивающей электронной микроскопии. Предельные возможности.

3.2. Электронная спектроскопия. Оже спектроскопия и рентгенофотоэлектронная спектроскопия. Информативные возможности. Локальность определений. Экспериментальные особенности реализации методов. Вакуумные условия. Принципы определения формы нахождения элементов – химический сдвиг. Локальная оже-спектроскопия с электронным зондом. Предельные возможности электронной спектроскопии.

3.3. Масс-спектрометрия вторичных ионов. Основные физические явления при взаимодействии ионов с твердым телом. Катодное распыление. Процессы ионизации, коэффициенты относительной элементной чувствительности. Принципы действия масс-спектрометров, основные типы масс-сепараторов. Масс-спектрометр вторичных ионов. Основные элементы. Требования к вакуумным условиям. Понятие о распределительном (послойном) анализе. Локальность определения. Принципы количественного анализа. Калибровка прибора по глубине. Метрологические характеристики масс-спектрометрии вторичных ионов. Время пролетная масс-спектрометрия.

3.4. Интерферометрические методы измерения наноперемещений. Принцип действия лазерного интерферометра. Предельные возможности интерферометрии. Совмещенные установки – электронные и зондовые микроскопы с лазерными интерферометрами.

3.5. Дифракционные методы исследования нанообъектов. Дифракция рентгеновских лучей и электронов. Уравнения Лауэ, уравнение Вульфа-Брэггов. Связь угловой ширины дифракционного максимума и размера области рассеяния. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей и электронов. Применение для измерения размеров наночастиц.

3.6. Методы выявления квантово-размерных эффектов. Люминесценция, рамановское рассеяние. Применение химических зондов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	- физико-химические основы методов исследования, анализа и диагностики наноматериалов и наносистем;	-	+	+
2	- физические основы сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, туннельной и атомно-силовой микроскопии;	-	+	+
3	- физические основы спектроскопических и дифракционных методов изучения и анализа наносистем и наноматериалов;	-	-	+

№ п/ п	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
4	- виды и устройство основных приборов для исследования, анализа и диагностики наноматериалов и наносистем;	-	+	+
5	- основные требования к объектам анализа для различных методов исследования, анализа и диагностики наноматериалов и наносистем;	+	+	+
	Уметь:			
6	- выбирать необходимый метод анализа и диагностики наночастиц, наноматериалов и наносистем в соответствии с поставленной исследовательской целью;	+	+	+
7	- оценивать достоверность полученных результатов анализа наночастиц и наноматериалов;	-	+	+
8	- проводить сравнение результатов, полученных разными методами;	-	-	+
	Владеть:			
9	- навыками использования различных технических средств для измерения и контроля основных параметров наночастиц и наноматериалов;	-	-	+
10	- навыками анализа полученных результатов.	-	+	+
	Код и наименование ПК			
11	ПК-2 Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания	+	+	+
12	ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	+	+	+
13	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 22.03.01 предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине *«Методы анализа наноструктурированных материалов»* в объеме 16 часов (0,45 зач. ед.). Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе.

Примерный перечень практических занятий

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	– Физические основы электронной микроскопии;	4
2	Раздел 2	– Растровая электронная микроскопия;	4
3	Раздел 2	– Просвечивающая электронная микроскопия;	4
4	Раздел 3	– Дифракционные методы исследования нанообъектов	4

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 22.03.01 предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине **«Методы анализа наноструктурированных материалов»** в объеме 32 часов (0,89 зач. ед.). Лабораторные работы охватывают 2 раздела дисциплины. В практикум входит 4 работы, примерно по 8 ч на каждую работу. В зависимости от трудоемкости включенных в практикум работ их число может быть уменьшено. Лабораторные занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе. Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 30 баллов (максимально по 7,5 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примерный перечень лабораторных занятий

№	№ раздела	Темы лабораторных занятий	Часы
1	Раздел 2	– Пробоподготовка и исследование образцов пленок, покрытий методом растровой электронной микроскопии;	8
2	Раздел 2	– Пробоподготовка и исследование образцов наночастиц оксидов металлов методом просвечивающей электронной микроскопии;	8
3	Раздел 2	– Пробоподготовка и исследование образцов покрытий методом сканирующей зондовой микроскопии;	8
4	Раздел 3	– Дифракционные методы исследования нанопорошков оксидов металлов.	8

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины **«Методы анализа наноструктурированных материалов»** предусмотрена самостоятельная работа в объеме 102 часа (2,83 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;
- подготовку к сдаче экзамена по дисциплине.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка за контрольные работы составляет 30 баллов (по 10 баллов за каждую работу).

Каждая контрольная работа по дисциплине *«Методы анализа наноструктурированных материалов»* 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 5 баллов. При оценивании учитывается полнота и логичность построения ответа.

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

1 Как можно разделить группы медленных вторичных электронов и обратно-рассеянных электронов в случае использования детектора Эверхарта-Торнли?

2 Почему при энергиях, используемых в растровой электронной микроскопии не наблюдается образования радиационных дефектов в кристаллических неорганических материалах?

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

1. Почему пространственное разрешение растровых электронных микроскопов с термоэмиссионным катодом хуже, чем пространственное разрешение тех же микроскопов с автоэмиссионным катодом?

2. Атомно-силовая микроскопия обладает лучшим пространственным разрешением, чем растровая, соответствующие приборы достаточно дешевы. Почему продолжается выпуск и использование растровых электронных микроскопов?

Раздел 3. Пример варианта контрольной работы № 3. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

1. Природа тормозного рентгеновского излучения.

2. Какие составляющие фона аналитического сигнала известны в электронно-зондовом микроанализе?

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Экзамен)

Максимальная количество баллов за экзамен – 40 баллов. Экзаменационный билет содержит 2 вопроса, каждый из которых оценивается в 20 баллов.

Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Как зависит минимальный диаметр электронного зонда от тока зонда?
2. Чему равна, по порядку, величины энергии медленных вторичных электронов?
3. Что такое кантен-эффект?
4. Что такое эффект атомного номера в электроннозондовом микроанализе?
5. Начиная с какого элемента периодической таблицы можно наблюдать К - и L - серии рентгеновского излучения?
6. Сравните энергетическое разрешение спектрометров с волновой и энергетической дисперсией.
7. Какой диапазон переделываемых содержаний в электроннозондовом микроанализе?
8. Назовите причины, по которым в растровой электронной микроскопии используют диапазон энергий электронов от 1 до 30 кВ.
9. Каков механизм образования медленных вторичных электронов?
10. Чему равно пространственное разрешение РЭМ в режиме регистрации обратно-рассеянных электронов?
11. Может ли локальность определений разных элементов в одном и том же образце при одних и тех же экспериментальных условиях быть разной?
12. Опишите принцип работы рентгеновского спектрометра с волновой дисперсией.
13. Какова наиболее короткая длина волны рентгеновского излучения, испускаемая медным образцом под действием пучка электронов, с энергией 10 кВ?
14. Почему в рентгеновском спектре в К-серии имеются яркие линии, обусловленные переходами К-L2 и К-L3 и нет линии, обусловленной переходом К-L1?
15. Почему в электронных микроскопах используют высокий вакуум?
16. Какова глубина выхода медленных вторичных электронов? Зависит ли эта величина от ускоряющего напряжения микроскопа?
17. Зачем между поверхностью сцинтиллятора и сеткой в детекторе Эверхарта-Торнли прикладывают высокое напряжение?
18. Что такое матричный эффект в электроннозондовом микроанализе?
19. Исходя из локальности определений и предела обнаружения оцените (по порядку величины) минимальную массу элемента, которая может быть определена в электроннозондовом микроанализе.
20. Какие минимальные содержания элементов можно определять в электроннозондовом микроанализе?
21. Если положения линий характеристического рентгеновского излучения подчиняется закону Мозли (монотонная зависимость от атомного номера), то откуда берутся наложения рентгеновских линий?
22. Что такое работа выхода электрона?
23. Вычислить глубину фокуса в РЭМ при увеличении 1000 крат, рабочем расстоянии 10 мм и диаметре объективной диафрагмы 100 мкм. Изображение имеет размер 1000x1000 пикселей.
24. В каком диапазоне лежит энергия обратно-рассеянных электронов?
25. Чему равно пространственное разрешение РЭМ в режиме регистрации медленных вторичных электронов?
26. Сформулируйте закон Мозли.
27. Почему в электроннозондовом микроанализе не используют образцы сравнения, близкие по составу к составу анализируемого микрообъекта?
28. Возможна ли генерация рентгеновского излучения обратно рассеянными электронами? Медленными вторичными электронами?
29. При каком значении напряженности поля вблизи катода наблюдается автоэлектронная эмиссия?
30. Что такое коэффициент вторичной электронной эмиссии?
31. Как устроен детектор обратно-рассеянных электронов?

32. Зачем на входе детектора Эверхарта-Торнли используют сетку с регулируемым потенциалом?
33. Что такое локальность определений?
34. Назовите основные матричные эффекты в электроннозондовом микроанализе.
35. Используя закон Мозли, найти длину волны CrKa-линии ($Z=24$), если известно, что $\lambda_{NiKa}=1.658$ ангстрем и $\lambda_{SiKa}=7.125$ ангстрем.
36. Чему приблизительно равен разброс энергии электронов в случае вольфрамового термокатода, катода с эмиссией Шоттки и катода с полевой эмиссией, работающем при комнатной температуре?
37. Почему при энергиях, используемых в растровой электронной микроскопии не наблюдается образования радиационных дефектов в кристаллических неорганических материалах?
38. Как образуется контраст изображения, обусловленный микрорельефом поверхности в режиме регистрации обратно рассеянных электронов?
39. В результате каких процессов возникает характеристическое рентгеновское излучение?
40. Зачем в спектрометрах с энергетической дисперсией применяют охлаждение отдельных элементов?
41. Почему локальность электроннозондового микроанализа в просвечивающей электронной микроскопии существенно лучше, чем в растровой?
42. Сколько электронов в секунду поступает в образец при токе зонда 10 нА?
43. Чем определяется пространственное разрешение растрового электронного микроскопа?
44. Как зависит коэффициент обратного рассеяния от энергии первичных электронов (в диапазоне энергий, используемых в РЭМ)?
45. Если медленные вторичные электроны возникают не только в результате прохождения через вещество электронов электронного зонда, но и при выходе через поверхность образца обратно-рассеянных электронов, почему пространственное разрешение в режиме регистрации медленных вторичных электронов на два порядка лучше, чем при регистрации обратно рассеянных электронов?
46. Что такое рентгеновское излучение?
47. Опишите принцип работы рентгеновского спектрометра с энергетической дисперсией.
48. Возможна ли генерация рентгеновского излучения обратно рассеянными электронами? Медленными вторичными электронами?
49. Какие образцы нельзя исследовать в РЭМ?
50. Почему минимальный диаметр сфокусированного электронного пучка зависит от типа используемого катода микроскопа?
51. В чем различие в зависимостях коэффициентов вторичной эмиссии (медленные вторичные электроны) и обратного рассеяния от атомного номера для чистых элементов?
52. Как можно разделить группы медленных вторичных электронов и обратно-рассеянных электронов в случае использования детектора Эверхарта-Торнли?
53. Природа тормозного рентгеновского излучения.
54. Опишите условия возникновения эффекта вторичной флуоресценции в электроннозондовом микроанализе.
55. Будет ли наблюдаться характеристическое излучение меди, если энергия электронного зонда 5 кВ?
56. Почему локальность по направлению электронного зонда отличается от локальности в перпендикулярном направлении?
57. Как зависит коэффициент обратного рассеяния электронов от угла, между электронным зондом и поверхностью образца?
58. Какова величина термического воздействия электронного зонда на образец?

59. Вычислить, какому расстоянию в нм соответствует один пиксель изображения, если размер изображения 1024x1024 пикселя а увеличение 90 000 крат, размер экрана микроскопа 20x20 см.

60. В каком из эмиссионных режимов растрового электронного микроскопа наблюдается контраст изображения, обусловленных различием химического (элементного) состава областей образца?

61. Какие составляющие фона аналитического сигнала известны в электроннозондовом микроанализе?

62. Возможна ли генерация медленных вторичных электронов обратно рассеянными?

63. Что такое высокоэнергетическая (коротковолновая) граница спектра тормозного рентгеновского излучения?

64. Какие физические явления используются для формирования изображений в различных режимах РЭМ?

65. Что такое кроссовер?

66. Каким образом в растровой электронной микроскопии осуществляют сканирование электронного зонда по образцу?

67. Почему локальность по направлению электронного зонда отличается от локальности в перпендикулярном направлении?

68. Размер какой из областей в образце больше – области выхода обратно-рассеянных электронов или области выхода характеристического излучения меди? Образец – чистая медь. Ускоряющее напряжение 30 кВ.

69. Каким образом измеряют потенциал поверхности в режиме регистрации медленных вторичных электронов?

70. Какие минимальные содержания элементов можно определять в электроннозондовом микроанализе?

71. Что такое рентгенофлуоресцентный анализ с полным внешним отражением?

72. Какой диаметр рентгеновского пучка достигну в настоящее время?

73. Принцип действия конфокального рентгеновского микроскопа.

74. Что такое спектроскопия характеристических потерь энергии электронов?

75. С какой целью применяют корректоры аберраций?

76. В чем отличие электронограммы поликристалла от электронограммы монокристалла?

77. Чему (по порядку величины) равна длина свободного пробега оже-электрона в твердом теле по отношению к неупругому рассеянию?

78. Почему в оже-электронной спектроскопии используют сверхвысокий вакуум?

79. Чему равна локальность определений по глубине в рентгенофотоэлектронной спектроскопии.

80. Характеристики метода масс-спектрометрии вторичных ионов.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы

Структура и пример билета для экзамена:

Экзамен по дисциплине **«Методы анализа наноструктурированных материалов»** включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей 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 каждый вопрос – 20 баллов.

«Утверждаю»	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет

И.о. зав. кафедрой НМНТ _____М.Ю. Королева «__» _____ 20__ г.	имени Д.И. Менделеева
	<i>Кафедра наноматериалов и нанотехнологии</i>
	<i>22.03.01 Материаловедение и технологии материалов</i> Профиль – «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»
	<i>Методы анализа наноструктурированных материалов</i>
Билет № 1	
1. Исходя из локальности определений и предела обнаружения, оцените (по порядку величины) минимальную массу элемента, которая может быть определена в электроннозондовом микроанализе.	
2. Принцип действия конфокального рентгеновского микроскопа.	

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. Горащенко Н.Г., Петрова О.Б., Степанова И.В. Методы исследования материалов электронной техники и наноматериалов [Электронный ресурс] : учебное пособие - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 93 с.

Б. Дополнительная литература

1. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологий [Текст] : учебное пособие / В. В. Старостин. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 431 с.
2. 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.
3. Поленов Ю. В., Егорова Е. В. Физико-химические основы нанотехнологий: учебник — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-4113-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/207023> (дата обращения: 22.04.2022). — С. 145.

1.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данной дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения:

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

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

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

– Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

– Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «**Материаловедение и технологии материалов**»);

– Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;

– Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;

– Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;

– Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);

– Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);

– Положение об организации и использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего

образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf дата обращения: 30.05.2023);

– Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf дата обращения: 30.05.2023).

При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по дисциплине.

Учебная дисциплина *«Методы анализа наноструктурированных материалов»* включает 3 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого раздела рекомендуется регулярное повторение законспектированного лекционного материала, а также дополнение его сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. 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 контрольных работ составляет по 10 баллов каждая (всего 3 контрольные работы). Максимальная оценка за лабораторные работы составляет 30 баллов, по 7,5 баллов за каждую лабораторную работу

Совокупная оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных и лабораторных работ. Максимальная оценка текущей работы в семестре составляет 60 баллов.

В соответствии с учебным планом изучение дисциплины завершается итоговым контролем в форме экзамена. Максимальная оценка на зачете составляет 40 баллов.

Общая оценка результатов освоения дисциплины складывается из числа баллов, набранных в семестре (контрольные работы) и на экзамене. Максимальная общая оценка по дисциплине составляет 100 баллов.

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Основной задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине *«Методы анализа наноструктурированных материалов»*, является выработка у обучающихся понимания необходимости знания предмета для их дальнейшей работы в области анализа наноматериалов.

В ходе рассмотрения всех разделов дисциплины основной задачей преподавателя является дать студентам представление о возможностях практического использования методов микроскопии и спектроскопии для анализа наноматериалов.

С целью более эффективного усвоения обучающимися материала данной дисциплины при проведении практических занятий рекомендуется использовать мультимедийные презентации, графики и таблицы, иллюстрирующие изучаемый материал, демонстрационные фильмы.

Для более глубокого изучения предмета в рамках самостоятельной работы преподаватель может рекомендовать обучающимся ознакомление с публикациями в периодических журналах и Интернет-ресурсах и посещение выставок, связанных с тематикой дисциплины.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;

- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. 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 01.01.2019 составляет 1708372 изданий.

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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Методы и приборы для изучения наночастиц и наноматериалов» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ 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.

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, pH-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)

13.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям.

13.3. 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.

13.4. 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.

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
3.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	• Publisher • InfoPath				
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Особенности исследования нанообъектов и наносистем	знает: - основные требования к объектам анализа для различных методов исследования, анализа и диагностики наноматериалов и наносистем; умеет: - выбирать необходимый метод анализа	Оценка за контрольную работу № 1.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	и диагностики наночастиц, наноматериалов и наносистем в соответствии с поставленной исследовательской целью;	
Раздел 2. Методы микроскопии	знает: - физико-химические основы методов исследования, анализа и диагностики наноматериалов и наносистем; - физические основы сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, туннельной и атомно-силовой микроскопии; умеет: - оценивать достоверность полученных результатов анализа наночастиц и наноматериалов; владеет: - навыками анализа полученных результатов.	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за лабораторный практикум (3 лабораторные работы)
Раздел 3. Спектральные методы анализа. Дифракционные методы исследования	знает: - физические основы спектроскопических и дифракционных методов изучения и анализа наносистем и наноматериалов; - виды и устройство основных приборов для исследования, анализа и диагностики наноматериалов и наносистем; умеет: - проводить сравнение результатов, полученных разными методами; владеет: - навыками использования различных технических средств для измерения и контроля основных параметров наночастиц и наноматериалов;	Оценка за контрольную работу № 3. Оценка за лабораторный практикум (1 лабораторная работа)

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

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

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

- Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенные

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
«МЕТОДЫ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки 22.03.01 – Материаловедение и технологии
материалов**

**Профиль подготовки – «Материаловедение и технологии
наноматериалов и наносистем»**

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена старшим преподавателем кафедры наноматериалов и нанотехнологии А.И. Шарапаевым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

«14 » мая 2025 г., протокол № 11

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль подготовки «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем», рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к вариативной части учебного плана, к блоку дисциплин по выбору и рассчитана на изучение дисциплины в 1 семестре обучения. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физикохимии наноматериалов.

Цель дисциплины состоит в формировании у студентов комплексного представления о возможностях термического анализа для исследования наноматериалов.

Задача дисциплины формирование у студентов знаний и навыков выбора методов термического анализа наноматериалов для достижения требуемого научного и практического результата; формирование понимания методологических основ выбора аппаратно-технического обеспечения проведения термического анализа наноматериалов.

Дисциплина **«Методы термического анализа для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»** преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Методы термического анализа для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»** при подготовке бакалавров по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль подготовки «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем» направлено на приобретение следующих компетенций:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы	ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	ПК-4.1. Знает основные типы наноматериалов и наносистем и их свойства, способы их анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов ПК-4.2 Умеет выбирать методы исследования основных типов наноматериалов, анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов ПК-4.3. Владеет основными методами анализа и контроля	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и

комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред;		качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработки новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа	ПК-5.3 Владеет методами разработки новых и совершенствования действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноструктурированных материалов и составления научно-технической документации в	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства

группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	наноструктурированные покрытия; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности. - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем;	научно-технической документации	области наноматериалов и наносистем	наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины обучающийся должен

Знать:

- классификацию и физическо-химические основы термического анализа материалов;
- устройство и принцип работы основных приборов термического анализа;
- возможности применения термических методов анализа в технологии наноматериалов;

Уметь:

- анализировать результаты исследования наноматериалов термическими методами;
- рассчитывать физико-химические параметры химических реакций с участием наноматериалов по результатам термогравиметрии и сканирующей калориметрии;
- подбирать необходимое техническое оформление для исследования наноматериалов требуемых типов.

Владеть:

- стандартными методиками анализа наноматериалов методами термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии;
- основами термокинетического анализа;
- методами работы с научной-технической литературой по теоретическим и технологическим аспектам термогравиметрического анализа наноматериалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
			7 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	108	3,0	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	1,33	48
Лекции	0,44	16	0,44	16
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	0,89	32
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-
Самостоятельная работа	1,67	60	1,67	60
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,2	1,67	0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8		59,8
Виды контроля:				
Зачет	+	+	+	+
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
Вид итогового контроля:			Зачет	

Вид учебной работы	Всего		Семестр 7 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	81	3,0	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	36	1,33	36
Лекции	0,44	12	0,44	12
Практические занятия (ПЗ)	0,89	24	0,89	24
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-
Самостоятельная работа	1,67	45	1,67	45
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,15	1,67	0,15

Самостоятельное изучение разделов дисциплины		44,85		44,85
Виды контроля:				
Зачет	+	+	+	+
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
Вид итогового контроля:			Зачет	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п.п.	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1	Раздел 1. История и основы термического анализа материалов	28	4	6	-	18
1.1	История и этапы развития термических методов анализа	7	1	-	-	6
1.2	Основные задачи термического анализа материалов	9	1	2	-	6
1.3	Техническая реализация термического анализа	12	2	4	-	6
2	Раздел 2. Классические методы термического анализа	40	6	14	-	20
2.1	Термогравиметрический анализ (ТГА)	9	1	4	-	4
2.2	Дифференциально-термический анализ (ДТА)	11	1	4	-	6
2.3	Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК)	12	2	4	-	6
2.4	Дилатометрия	8	2	2	-	4
3	Раздел 3. Комплексные методы анализа наноматериалов	40	6	12	-	22
3.1	Термический анализ с изучением выделившихся газов	8	2	2	-	4
3.2	Применение термических методов для анализа наноматериалов	12	2	4	-	6
3.3	Исследование количественных	10	-	4	-	6

№ п.п.	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
	характеристик наноматериалов методами термического анализа					
3.4	Перспективные методы термического анализа	10	2	2	-	6
	ИТОГО	108	16	32	-	60

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. История и основы термического анализа материалов

История и этапы развития термических методов анализа. Эксперименты Лешателье и Остена. Метод периодического прокаливании-взвешивания. Принципиальное устройство дериватографа.

Основные задачи термического анализа материалов. Физико-химические основы термических методов анализа. Динамический и изотермические режимы термических методов анализа. Области применения термических методов анализа наноматериалов.

Техническая реализация термического анализа. Термопары: материалы и свойства. Понятие эталона вещества. 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 в дифференциально-термическом анализе.

Раздел 2. Классические методы термического анализа

Термогравиметрический анализ (ТГА). 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. Источники ошибок и погрешностей в ТГА.

Дифференциально-термический анализ (ДТА). Основы метода дифференциально-термического анализа. Уравнение Кирхгофа. Принцип устройства прибора ДТА. Кривые ДТА. Преимущества и недостатки ДТА. Теплоперенос.

Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК). Области применения ДСК). Способы определения температурных интервалов разложения веществ и фазовых переходов. Количественное определение тепловых эффектов. Исследование кинетики реакций термического разложения материалов. Источники ошибок и погрешностей в ДСК. Варианты ДСК принципиально-отличные от ДТА. Синхронный термический анализ материалов.

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.

Раздел 3. Комплексные методы анализа наноматериалов

Термический анализ с изучением 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.

Применение термических методов для анализа наноматериалов. Исследование плавления наночастиц металлов с помощью термических методов анализа. Определение теплоёмкости наноструктурированных материалов. Синхронный термический анализ композиционных материалов.

Исследование количественных характеристик наноматериалов методами термического анализа. Исследование фазовых диаграмм многокомпонентных наносистем. Влияние различных факторов (примеси, химические взаимодействия, атмосфера печи) на точность количественного и качественного анализа.

Перспективные методы 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 ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
Знать:				
1	– классификацию и физическо-химические основы термического анализа материалов;	+	+	+
2	– устройство и принцип работы основных приборов термического анализа;	+	+	+
3	– возможности применения термических методов анализа в технологии наноматериалов.	+	+	+
Уметь:				
4	– анализировать результаты исследования наноматериалов термическими методами;		+	+
5	– рассчитывать физико-химические параметры химических реакций с участием наноматериалов по результатам термогравиметрии и сканирующей калориметрии;		+	+
6	– подбирать необходимое техническое оформление для исследования наноматериалов требуемых типов.	+	+	+
Владеть:				
7	– стандартными методиками анализа наноматериалов методами термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии;		+	+
	– основами термокинетического анализа;		+	+
8	– методами работы с научной-технической литературой по теоретическим и технологическим аспектам термогравиметрического анализа наноматериалов.	+	+	+
Код и наименование ПК				
9	ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	+	+	+

10	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль подготовки «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине **«Методы термического анализа для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»** в объеме 32 часов (0,89 зач. ед.). Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на получение теоретических знаний и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе.

Примерные темы практических занятий по дисциплине:

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Основные задачи термического анализа материалов	2
2	1	Техническая реализация термического анализа	4
3	2	Термогравиметрический анализ (ТГА)	4
4	2	Дифференциально-термический анализ (ДТА)	4
5	2	Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК)	4
6	2	Дилатометрия	2
7	3	Термический анализ с изучением выделившихся газов	2
8	3	Применение термических методов для анализа наноматериалов	4
9	3	Исследование количественных характеристик наноматериалов методами термического анализа	4
10	3	Перспективные методы термического анализа	2

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль подготовки «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем» проведение лабораторных занятий по дисциплине **«Методы термического анализа для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»** не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины *«Методы термического анализа для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»* предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 60 часов (1,67 зач. ед.). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- подготовку к контрольным работам;
- 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.

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

Примерный перечень тематик реферативно-аналитической работы:

1. История развития методов термического анализа;
2. Дифференциально-термический анализ;
3. Дифференциально-сканирующая калориметрия;
4. Методы ДСК-теплового потока;
5. Экспериментальные установки для сверхвысокотемпературных исследований;
6. Способы измерения температур и тепловых потоков;
7. Размерные эффекты в плавлении и теплоёмкости нанокристаллов;
8. Метод греющих плит. Высокоточное измерение тепловых потоков;
9. Высокотемпературный оптический термический анализ и его аналоги;
10. Перспективные методы термического анализа;

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 20 баллов за каждую.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

1. Эксперимент и метод Ле-Шателье.
2. Основные виды термического анализа: ТГА, ДТА и ДСК.
3. Принципиальное устройство дериватографа.
4. Физико-химические основы термических методов анализа.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

1. Термогравиметрический анализ (ТГА). Влияние условия проведения эксперимента на результаты ТГА.

2. Дифференциально-термический анализ (ДТА). Основы метода дифференциально-термического анализа. Уравнение Кирхгофа.
3. Дифференциально-термический анализ (ДТА). Принцип устройства прибора ДТА. Кривые ДТА. Преимущества и недостатки ДТА.
4. Дифференциально-термический анализ (ДТА). 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 в ДТА.
5. Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК). Области применения ДСК). Способы определения температурных интервалов разложения веществ и фазовых переходов. Количественное определение тепловых эффектов.
6. Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК). Исследование кинетики реакций термического разложения материалов. Источники ошибок и погрешностей в ДСК. Разница между ДТА и ДСК. Синхронный термический анализ материалов.
7. Дилатометрия. Характеристика метода. Определение изменений длины образцов при нагреве и охлаждении или при изотермической выдержке. Температурный контроль в дилатометре.
8. Дроп-калориметрия. Способы определения теплоёмкости материалов.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 5 баллов за вопрос.

1. Комплексные методы анализа наноматериалов. 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.
2. Применение термических методов для анализа наноматериалов. Исследование плавления наночастиц металлов с помощью термических методов анализа.
3. СТА композиционных материалов. Исследование количественных характеристик наноматериалов методами термического анализа.
4. Метод лазерной вспышки: принципиальное устройство прибора, физико-химические основы, примеры применения.

Примеры вопросов к итоговой контрольной работе. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 4 балла за вопрос.

1. Эксперимент и метод Ле-Шателье.
2. Основные виды термического анализа: ТГА, ДТА и ДСК.
3. Принципиальное устройство дериватографа.
4. Физико-химические основы термических методов анализа.
5. Динамический и изотермические режимы термических методов анализа.
6. Термогравиметрический анализ (ТГА). Основы метода термогравиметрического анализа. Принцип устройства прибора ТГА.
7. Термогравиметрический анализ (ТГА). Влияние условия проведения эксперимента на результаты ТГА.
8. Дифференциально-термический анализ (ДТА). Основы метода дифференциально-

- термического анализа. Уравнение Кирхгофа.
9. Дифференциально-термический анализ (ДТА). Принцип устройства прибора ДТА. Кривые ДТА. Преимущества и недостатки ДТА.
 10. Дифференциально-термический анализ (ДТА). 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 в ДТА.
 11. Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК). Области применения ДСК). Способы определения температурных интервалов разложения веществ и фазовых переходов. Количественное определение тепловых эффектов.
 12. Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК). Исследование кинетики реакций термического разложения материалов. Источники ошибок и погрешностей в ДСК. Разница между ДТА и ДСК. Синхронный термический анализ материалов.
 13. Дилатометрия. Характеристика метода. Определение изменений длины образцов при нагреве и охлаждении или при изотермической выдержке. Температурный контроль в дилатометре.
 14. Дроп-калориметрия. Способы определения теплоёмкости материалов.
 15. Комплексные методы анализа наноматериалов. 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.
 16. Применение термических методов для анализа наноматериалов. Исследование плавления наночастиц металлов с помощью термических методов анализа.
 17. СТА композиционных материалов. Исследование количественных характеристик наноматериалов методами термического анализа. Влияние различных факторов (примеси, химические взаимодействия, атмосфера печи) на точность количественного и качественного анализа.
 18. Основные принципы термомагнитометрии. Термосонометрия. Высокотемпературный оптический ДТА и его аналоги.
 19. Метод лазерной вспышки: принципиальное устройство прибора, физико-химические основы, примеры применения.
 20. Метод греющих плит. Высокоточное измерение тепловых потоков.

Полный перечень 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. Поленов Ю. В., Егорова Е. В. Физико-химические основы нанотехнологий: учебник — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-4113-6. — Текст : электронный //

Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/207023> (дата обращения: 22.04.2023). — С. 145.

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 данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 8, (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).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки **«Материаловедение и технологии материалов»**);

- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
 - Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;
 - Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;
 - Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);
 - Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);
 - Положение об организации и использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf дата обращения: 30.05.2023);
 - Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf дата обращения: 30.05.2023).
- При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:
- Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).
 - Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).
 - ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по дисциплине.

Дисциплина *«Методы термического анализа для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»* включает 3 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого раздела рекомендуется регулярное повторение законспектированного лекционного материала, а также дополнение его демонстрационными фильмами, а также сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы, последний раздел заканчивается итоговой контрольной работой. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка контрольных работ составляет по 20 баллов каждая.

Совокупная оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ и реферативно-аналитическую работу (реферат, максимальная оценка 20 баллов). Максимальная оценка работы в семестре составляет 100 баллов. Реферат – это итог самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научно-исследовательской (учебно-исследовательской) темы, в котором автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. Написание реферата предполагает глубокое изучение поставленной перед обучающимся задачи. Программой дисциплины «Методы термического анализа в технологии наноматериалов» предусмотрено выполнение студентом рефератов по разделам (темам) объемом 8-15 страниц.

Критерии оценки реферативно-аналитической работы:

18-20 баллов – выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована ее актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую задачу и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объем, соблюдены требования к оформлению работы, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

14-16 баллов – основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объем реферата; имеются упущения в оформлении работы; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.

8-12 баллов – имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности, тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы.

2-6 баллов – тема освоена лишь частично; допущены грубые ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.

0 баллов – тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина *«Методы термического анализа для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»* изучается в 6 семестре бакалавриата.

При подготовке и проведении занятий преподаватель должен ориентироваться на то, что студенты, обучающиеся в бакалавриате, имеют общую подготовку по общенаучным, инженерным дисциплинам и основным профессиональным дисциплинам профиля, в объеме, предусмотренном учебным планом бакалавриата, а также опыт восприятия и конспектирования изучаемого материала. В связи с этим материал дисциплины должен опираться на полученные знания и быть ориентирован на их расширение и углубление в соответствии с современными теоретическими представлениями и технологическими новациями. Обучение студентов может быть организовано как в виде традиционных лекций и практических занятий, так и научной дискуссии, которая помогает приобрести навыки и умения обосновывать круг рассматриваемых вопросов, формулировать главные положения, определения и практические выводы из теоретических положений. На занятиях должна прослеживаться взаимосвязь рассматриваемых вопросов с ранее изученным материалом.

Основной задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине *«Методы термического анализа для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»* является формирование у студентов знаний и навыков выбора методов термического анализа наноматериалов для достижения требуемого научного и практического результата, а также формирование понимания методологических основ выбора аппаратно-технического обеспечения проведения термического анализа наноматериалов.

На первом вводном лекционном занятии при рассмотрении перспектив развития композиционных материалов, преподавателю необходимо уделить внимание следующим вопросам:

- истории и этапам развития термических методов анализа;
- логическому обоснованию выбора метода анализа для каждого конкретного случая.

С целью более эффективного усвоения обучающимися материала данной дисциплины при проведении лекционных и практических занятий рекомендуется использовать мультимедийные презентации, графики и таблицы, иллюстрирующие лекционный материал, демонстрационные фильмы.

Для более глубокого изучения предмета в рамках самостоятельной работы преподаватель может рекомендовать обучающимся ознакомление с публикациями в периодических журналах и Интернет-ресурсах и посещение выставок строительных материалов.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. 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 22.05.2019 г. составляет 1 708328 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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Методы термического анализа в технологии наноматериалов» 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.

13.2. Учебно-наглядные пособия

Иллюстрации к разделам лекционного курса и практическим занятиям.

13.3. 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.

13.4. 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.

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
3.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	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 (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
5.	O365ProPlusOpenFcly ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
			версию продукта)		

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. История и основы термического анализа материалов	<i>Знает:</i> – классификацию и физическо-химические основы термического анализа материалов; – устройство и принцип работы основных приборов термического анализа; – возможности применения термических методов анализа в технологии наноматериалов; <i>Умеет:</i> – подбирать необходимое техническое оформление для исследования наноматериалов требуемых типов; <i>Владеет:</i> – методами работы с научной-технической литературой по теоретическим и технологическим аспектам термогравиметрического анализа наноматериалов.	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за реферат. Оценка за итоговую контрольную работу.
Раздел 2. Классические методы термического анализа	<i>Знает:</i> – классификацию и физическо-химические основы термического анализа материалов; – устройство и принцип работы основных приборов термического анализа; – возможности применения термических методов анализа в технологии наноматериалов; <i>Умеет:</i> – анализировать результаты исследования наноматериалов	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за реферат. Оценка за итоговую контрольную работу.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	термическими методами; – рассчитывать физико-химические параметры химических реакций с участием наноматериалов по результатам термогравиметрии и сканирующей калориметрии; – подбирать необходимое техническое оформление для исследования наноматериалов требуемых типов; <i>Владеет:</i> – стандартными методиками анализа наноматериалов методами термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии; – основами термокинетического анализа; – методами работы с научной-технической литературой по теоретическим и технологическим аспектам термогравиметрического анализа наноматериалов.	
Раздел3. Комплексные методы анализа наноматериалов	<i>Знает:</i> – классификацию и физическо-химические основы термического анализа материалов; – устройство и принцип работы основных приборов термического анализа; – возможности применения термических методов анализа в технологии наноматериалов; <i>Умеет:</i> – анализировать результаты исследования наноматериалов термическими методами; – рассчитывать физико-химические параметры химических реакций с участием наноматериалов по результатам термогравиметрии и сканирующей калориметрии; – подбирать необходимое техническое оформление для исследования наноматериалов требуемых типов; <i>Владеет:</i> – стандартными методиками анализа	Оценка за контрольную работу № 3. Оценка за реферат. Оценка за итоговую контрольную работу.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	наноматериалов методами термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии; – основами термокинетического анализа; – методами работы с научной-технической литературой по теоретическим и технологическим аспектам термогравиметрического анализа наноматериалов.	

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

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

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

**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
«НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОГО ТРАНСПОРТА
ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ»**

**Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов**

**Профиль подготовки – «Материаловедение и технологии
наноматериалов и наносистем»**

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена д.х.н. профессором кафедры наноматериалов и нанотехнологии
Н.М. Мурашовой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

«14 » мая 2025 г., протокол № 11

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) бакалавриата по направлению подготовки **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»**, рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева.

Дисциплина **«Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»** относится к вариативной части дисциплин (дисциплины по выбору) учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют подготовку по дисциплинам «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Основы биохимии для материаловедения и технологии наноматериалов» и «Введение в специальность».

Цель дисциплины: ознакомить студентов с перспективными направлениями применения наноматериалов в фармацевтике и проблемами создания новых лекарственных средств, дать понятие об основах общей фармакологии, показать основные направления и подходы к разработке наночастиц и наноматериалов для фармацевтики, дать примеры конкретных разработок наноматериалов для направленного транспорта веществ и лекарственных средств, содержащих такие наноматериалы.

Задачи дисциплины:

формирование у обучающихся знаний в области разработки новых лекарственных средств и основ общей фармакологии, глубоких и систематических знаний по основным направлениям и подходам к разработке наночастиц и наноматериалов для фармацевтики и наиболее важным примерам наноматериалов для направленного транспорта веществ и лекарственных средств, содержащих такие наноматериалы;

выработка на этой основе у обучающихся системного подхода к оценке перспектив применения различных наноматериалов в фармацевтике и способности к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области создания, исследования и применения наносистем и наноматериалов для фармацевтики;

формирование способности выбора наноматериалов и наносистем для решения поставленных задач в области разработки новых лекарственных средств, предназначенных для различных путей введения.

Дисциплина **«Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»** преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»** при подготовке бакалавров по направлению подготовки **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»**, направлено на формирование следующих компетенций:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных	ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	ПК-4.1. Знает основные типы наноматериалов и наносистем и их свойства, способы их анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт

помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред;			40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников;	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и	ПК-5.1 Знает основные виды источников научно-технической документации в области наноструктурированных материалов, методы ее поиска и анализа ПК-5.2 Умеет анализировать научно-техническую документацию в	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой

– участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	нанопленки и наноструктурированные покрытия; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности. - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем;	составления и анализа научно-технической документации	области наноструктурированных материалов и применять полученную информацию для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов	продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- перспективные направления применения наноматериалов в медицине;
- основы общей фармакологии и актуальные проблемы, связанные с созданием и применением наносистем и наноматериалов для фармацевтики;

- примеры наноматериалов для направленного транспорта веществ,

Уметь:

- анализировать научную информацию по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов для фармацевтики;

- применять теоретические знания об основных подходах к разработке наноматериалов для медицинского применения для решения исследовательских и прикладных задач;

Владеть:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области создания, исследования и применения наносистем и наноматериалов для фармацевтики;

- способностью оценивать перспективы применения наночастиц и наноматериалов для создания лекарственных препаратов, предназначенных для различных путей введения.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3,0	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48
Лекции (Лек)	0,89	32
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16
Самостоятельная работа (СР):	1,67	60
Контактная самостоятельная работа	0,5	0,2
Самостоятельная проработка разделов дисциплины		17,8
Подготовка докладов на семинарах		9
Подготовка реферата		18
Подготовка к зачету	0,42	15
Вид контроля: зачет	-	-

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В астрон. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3,0	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	36
Лекции (Лек)	0,89	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	12
Самостоятельная работа (СР):	1,67	45
Контактная самостоятельная работа	0,5	0,15
Самостоятельная проработка разделов дисциплины		13,35
Подготовка докладов на семинарах	0,25	6,7
Подготовка реферата	0,5	13,5
Подготовка к зачету	0,42	11,3
Вид контроля: зачет	-	-

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. Общие подходы к разработке и применению наноматериалов в медицине	33	14	7	12
1.1	Перспективные направления применения наноматериалов в медицине	10	4	2	4
1.2	Создание новых лекарственных средств на основе наночастиц и наноматериалов.	5	2	1	2
1.3	Лекарственное вещество и организм	13	6	3	4
1.4	Вопросы токсичности наночастиц и наноматериалов	5	2	1	2
2	Раздел 2. Виды наноматериалов и наносистем для фармацевтики	40	18	7	15
2.1	Неорганические наночастицы	10	4	2	4
2.2	Липосомы и другие ассоциаты поверхностно-активных веществ	11	5	2	4
2.3	Полимерные наночастицы и наноматериалы	11	5	2	4
2.4	Другие наночастицы и наноматериалы	8	4	1	3
	Подготовка и защита рефератов	20	-	2	18
	Подготовка к зачету	15	-	-	15
	Форма контроля - зачет				
	Всего часов	108	32	16	60

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Общие подходы к разработке и применению наноматериалов в медицине

1.1. Перспективные направления применения наноматериалов в медицине. Медицина, наномедицина, нанобиотехнология. Рост научных исследований в области наноматериалов для медицины. Оценки роста рынка наномедицины. Перспективные направления наномедицины: имплантируемые устройства; имплантируемые материалы; материалы и устройства для хирургии; диагностика и визуализация; фармацевтика. Примеры зарубежных и российских разработок в этих направлениях. Проблемы наномедицины.

1.2. Создание новых лекарственных средств на основе наночастиц и наноматериалов. Понятие лекарственного средства. Основные и вспомогательные компоненты лекарственных средств. Этапы создания новых лекарственных средств. Международные стандарты GLP, GMP, GCP. Лекарственные формы, их классификация. Характеристики безопасности лекарственных средств.

1.3. Лекарственное вещество и организм. Проникновение веществ через биологические мембраны. Понятие гистогематических барьеров. Пути введения лекарственных веществ – их классификация, достоинства, ограничения и недостатки. Распределение лекарственных веществ в организме. Депонирование. Биотрансформация лекарственных веществ. Выведение лекарственных веществ. Побочное и токсическое

действие лекарственных веществ. Направленный транспорт лекарственных веществ как возможность снизить побочное действие. Принцип «не навреди».

1.4. Вопросы токсичности наночастиц и наноматериалов. Проблемы токсичности вещества в наноразмерном состоянии. Нанотоксикология. Особенности биологического действия наночастиц. Примеры данных о токсичности наночастиц металлов, оксидов металлов и неметаллов, углеродных нанотрубок и фуллеренов, сравнение с токсичностью веществ в растворе и в виде микрочастиц.

Раздел 2. Виды наноматериалов и наносистем для фармацевтики

2.1. Неорганические наночастицы. Использование наночастиц металлов в качестве бактерицидных агентов. Магнитные наночастицы. Магнитно-жидкостная гипотермия опухолей. Наночастицы золота и фотодинамическая терапия. Производные фуллеренов. Пористые неорганические наночастицы как носители лекарственных веществ. Перспективы неорганических наночастиц как носителей для направленного транспорта лекарственных веществ.

2.2. Липосомы и другие ассоциаты поверхностно-активных веществ. Достоинства и недостатки липосомных форм препаратов. Особенности липосомных форм. Основные компоненты, используемые для получения липосомных препаратов. Примеры липосомных препаратов для различных путей введения и лечения различных заболеваний. Применение других ассоциатов поверхностно-активных веществ как носителей лекарственных веществ - мицеллярные лецитиновые гели, микроэмульсии, жидкие кристаллы.

2.3. Полимерные наночастицы и наноматериалы. Полимеры, разрешенные для медицинского применения. Нанокapsулы, наночастицы с полимерным покрытием, полимерные мицеллы. Дендримеры. Конъюгаты лекарственных веществ с полимерной молекулой. Микрокапсулы с полимерной оболочкой. Примеры разработок лекарственных препаратов, содержащих наноструктуры полимеров.

2.4. Другие наночастицы и наноматериалы. Наноэмульсии. Твердые липидные наночастицы: строение, свойства, примеры использования. Кубосомы и гексосомы. Циклодекстрины и другие супрамолекулярные системы. Наноконтейнеры из ДНК. Ближайшие и отдаленные перспективы применения наночастиц и наноматериалов в медицине.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
Знать:		
перспективные направления применения наноматериалов в медицине;	+	-
основы общей фармакологии и актуальные проблемы, связанные с созданием и применением наносистем и наноматериалов для фармацевтики;	+	+
примеры наноматериалов для направленного транспорта веществ	-	+
Уметь:		
анализировать научную информацию по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов для фармацевтики	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
применять теоретические знания об основных подходах к разработке наноматериалов для медицинского применения для решения исследовательских и прикладных задач	+	+
Владеть:		
способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области создания, исследования и применения наносистем и наноматериалов для фармацевтики	-	+
способностью оценивать перспективы применения наночастиц и наноматериалов для создания лекарственных препаратов, предназначенных для различных путей введения	+	+
Код и наименование ПК		
ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	+	+
ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия.

Примерные темы практических занятий по дисциплине

Предусмотрены практические занятия обучающегося в бакалавриате в объеме в объеме 16 акад. часов (0,44 зач. ед.).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1.	Перспективные направления применения наноматериалов в медицине. Наноматериалы для протезирования и имплантации. Микро- и наноустройства для медицины.	2
2	1.2.	Создание новых лекарственных средств. Этапы создания новых лекарственных средств. Примеры новых лекарственных средств, в том числе с применением наночастиц и наноматериалов.	1
3	1.3.	Лекарственное вещество и организм. Пути введения лекарственных веществ. Носители для разных путей введения, требования к их свойствам. Побочное и токсическое действие лекарственных веществ. Наноматериалы для детоксикации организма (гемодиализа, гемосорбции, энтеросорбции и т.д.).	3
4	1.4.	Вопросы токсичности наночастиц и наноматериалов. Примеры токсического действия	1

		наночастиц. Средства защиты при работе с наночастицами и наноматериалами.	
5	2.1.	Неорганические наночастицы для фармацевтики. Примеры и перспективы неорганических наночастиц как носителей для направленного транспорта лекарственных веществ.	2
6	2.2.	Липосомы и другие ассоциаты поверхностно-активных веществ. История открытия и исследования липосом. Примеры липосомальных препаратов.	2
7	2.3.	Полимерные наночастицы и наноматериалы в медицине. Полимерные мицеллы. Сорбция лекарственных веществ на полимерных частицах. Конъюгаты лекарственных веществ с молекулами полимеров. Дендримеры. Микрокапсулы с полимерной оболочкой.	2
8	2.4.	Наноземульсии. Твердые липидные наночастицы: Кубосомы и гексосомы. Циклодекстрины и другие супрамолекулярные системы. Перспективы применения наночастиц и наноматериалов в медицине.	1
9		Защита рефератов	2

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине *«Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»* не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины *«Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»* предусмотрена самостоятельная работа студента бакалавриата в объеме 60 акад. часов (1,67 зач. ед.), в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины 18 акад. часов, подготовка докладов на семинарах в объеме 9 акад. часов, подготовка реферата 18 часов и подготовка к зачету 15 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 к контрольным работам;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами и электронными базами данных;
- подготовку реферата по анализу научной информации (статей и патентов) по разработке и применению наноматериалов для направленного транспорта лекарственных веществ;
- подготовку к сдаче зачета.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

На практических занятиях предусмотрено 4 обязательных доклада. Максимальная оценка за один доклад составляет 5 баллов, всего за доклады предусмотрено 20 баллов.

Изучение дисциплины заканчивается подготовкой и защитой рефератов.

Подготовка и защита реферата

Подготовка и защита реферата включает в себя поиск и детальный анализ одного источника научной информации (научной статьи или патента) по разработке и применению наноматериалов для фармацевтики. 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 2-3 страницы.

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

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

Примерные темы докладов

Раздел 1. Общие подходы к разработке и применению наноматериалов в медицине

1. Наноматериалы для имплантации
2. Протезирование слуха - история и современные разработки
3. Новые разработки в протезировании конечностей
4. Достижения в микрохирургии глаза
5. Нитинол и его применение в медицине
6. Микро- и наноустройства для медицины
7. Наноматериалы для анализа in vitro
8. Наноматериалы для гемодиализа
9. Наноструктурированные сорбенты для детоксикации организма
10. Генная терапия – имеющиеся достижения и перспективы
11. Проекты по созданию наноструктурированных носителей для медицины, поддержанные РОСНАНО
12. Примеры лекарственных препаратов в жидкой лекарственной форме (разные группы, 4-5 шт.)
13. Примеры лекарственных препаратов в лекарственной форме с упруго-вязкопластичной средой (разные группы, 4-5 шт.)
14. Гемато-энцефалический барьер: строение, белки-транспортёры (облегченная диффузия и активный транспорт), проникновение глюкозы и др. веществ, проникновение бактерий и вирусов.
15. Депонирование ЛВ – примеры (Sr, I, пестициды и др. вещества, связывание ЛВ с белками плазмы)
16. Биотрансформация ЛВ в печени – подробно
17. Работа почек и почечная экскреция веществ

18. Примеры препаратов для энтерального пути введения (разные пути)
19. Примеры трансдермальных терапевтических систем и трансдермальных пластырей
20. Аллергические реакции на ЛВ
21. Лекарственная зависимость
22. Побочное и токсическое действие лекарственных веществ - примеры.
23. Скандалы в фармацевтике, связанные с отдаленными последствиями применения лекарственных веществ
24. Действие наночастиц на репродуктивные функции животных
25. Действие наночастиц на гидробионтов
26. Анализ МР 1.2.2566-09. Оценка безопасности наноматериалов *in vitro* и в модельных системах *in vivo*. Методические рекомендации. Утверждены 10 декабря 2009 г.
27. Производство и перспективы применения углеродных нанотрубок, возможные пути их поступления в организм людей и в биосферу.
28. Токсическое действие наночастиц металлов. Окислительный стресс.

Раздел 2. Виды наноматериалов и наносистем для фармацевтики

1. Наночастицы серебра в медицине.
2. Наночастицы металлов в медицине и косметике – примеры и перспективы
3. Оксидные наночастицы для адресной доставки лекарственных веществ
4. Неорганические наночастицы для диагностики
5. Методы синтеза магнитных наночастиц для медицинского применения
6. Перспективы применения углеродных наночастиц в медицине.
7. История открытия и исследований липосом
8. Различные методы получения липосом, в т.ч. нагруженных ЛВ
9. Липосомы в косметике
10. Производство липосом в России
11. Липосомальные вакцины
12. Микроэмульсии и лецитина для медицинского применения (у кого НИР по этим темам)
13. Жидкие кристаллы лецитина для медицинского применения (у кого НИР по этим темам)
14. Использование полимеров для создания искусственных тканей и органов в трансплантологии, для восстановления связок и сухожилий, в качестве шовных нитей в хирургии
15. Использование полимеров для создания саморассасывающихся повязок и покрытий для ран
16. Методы синтеза поли-(бензил-L-аспартата), поли-(D,L-молочной кислоты), сополимера молочной и гликолевой кислоты (полилактидгликозида)
17. Водорастворимые полимеры – поливинилпирролидон, полиэтиленгликоль – свойства, методы синтеза, применение в медицине
18. Промышленно производимые лекарственные препараты на основе полимерных носителей
19. Конъюгаты лекарственных веществ с молекулами полимеров
20. Дендримеры
21. Микрокапсулы в медицине и косметике – примеры
22. Методы получения микро- и нанокапсул
23. Наноэмульсии (у кого НИР по этой теме)
24. Твердые липидные наночастицы (у кого НИР по этой теме)
25. Кубосомы и гексосомы как носители лекарственных веществ
26. Супрамолекулярные системы в медицине
27. ДНК-оригами и наноконтейнеры из ДНК

28. Наноматериалы для генной терапии

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы (по одной контрольной работе по каждому разделу) и итоговая контрольная работа по всему материалу изучаемой дисциплины. Контрольные работы пишутся в форме тестового задания. Тестовые задания состоят из вопросов с несколькими вариантами ответов.

Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 составляет по 20 баллов за каждую. Всего за две контрольные работы – 40 баллов. Максимальная оценка за итоговую контрольную работу составляет 20 баллов

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа в виде теста содержит 25 вопросов, по 0,8 балла за вопрос.

Вопрос 1. Выберите правильные ответы. К перспективным направлениям наномедицины относятся:

1 – системы адресной доставки лекарств, 2 – имплантируемые устройства и материалы, 3 – высокотемпературные сверхпроводники, 4 – наночипы для диагностики; 5 – водородные источники энергии; 6 - наногайки

Вопрос 2. Стандарт GMP расшифровывается как

1 – Качественная лабораторная практика, 2 – Качественная производственная практика, 3 – Качественная клиническая практика, 4 – Качественная лечебная практика

Вопрос 3. Терапевтическая широта – интервал доз от минимальной терапевтической до

1 – средней эффективной, 2 – средней смертельной, 3 – минимальной смертельной, 4 – максимальной опасной

Вопрос 4. Гистогематические барьеры не препятствуют проникновению

1 – гидрофильных веществ, 2 – гидрофобных веществ, 3 – эритроцитов, 4 – альбумина

Вопрос 5. Биотрансформация (метаболизм) липофильных лекарственных веществ происходит в основном

1 – в желудке, 2 – в печени, 3 – в почках, 4 – в кишечнике

Вопрос 6. Выберите правильные ответы. При создании лекарственных средств должны быть полностью исключены

1 – мутагенное действие, 2 – аллергическое действие, 3 – канцерогенное действие, 4 – эмбриотоксическое действие, 5 – развитие лекарственной зависимости, 6 – снотворное действие.

Вопрос 7. Недостатком внутривенного введения не является

1 – болезненность, 2 – опасность внесения инфекции и пирогенных веществ, 3 – опасность закупорки сосудов (эмболии), 4 – медленное всасывание.

Вопрос 8. Выберите правильные ответы. Особенности действия веществ в наноразмерном состоянии являются

1 – способность к аккумуляции в организме, 2 – способность связываться с белками и нуклеиновыми кислотами, 3 – способность изменять ритм сердечных сокращений, 4 – способность вызывать рвоту.

Вопрос 9. Нанотоксикология - это

1 – изучение механизмов действия наночастиц на живые организмы, 2 – токсическое действие наночастиц на человека, 3 – изучение токсичности наноматериалов, 4 – применение наночастиц для детоксикации.

Вопрос 10. «Окислительный стресс» при действии наночастиц - это

1 – накопление наночастиц в печени и селезенке, 2 – адсорбция токсических веществ на поверхности наночастиц, 3 – проникновение наночастиц в ядро клетки, 4 – повышение продукции свободных радикалов за счет каталитического действия наночастиц.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа в виде теста содержит 25 вопросов, по 0,8 балла за вопрос.

Вопрос 1. Достоинства мезопористого SiO_2 как носителя ЛВ

1 – хорошо отработанные технологии получения, 2 – включение как гидрофильных, так и гидрофобных ЛВ, 3 – выводятся из организма, 4 – все перечисленные выше.

Вопрос 2. Производные фуллеренов могут применяться в медицине

1 – как носители лекарственных веществ, 2 – как действующие вещества, 3 – как действующие вещества и как носители лекарственных веществ, 4 – как бактерицидные добавки

Вопрос 3. Липосомные препараты применяются

1 – только в косметике, 2 – только в медицине, 3 – в медицине и косметике, 4 – правильного ответа нет.

Вопрос 4. «Пассивное нацеливание» липосом – это эффект проникновения липосом через увеличенные поры в капиллярах

1 – в печени и селезенке, 2 – в мозге, 3 – в мышцах, 4 – в раковых опухолях.

Вопрос 5. Достоинства полимерных мицелл как носителей лекарственных веществ:

1 – малый размер (менее 100 нм), 2 – более стабильны, чем липосомы, 3 – не захватываются органами РЭС, 4 – все перечисленные ответы.

Вопрос 6. Для создания полимерных мицелл – носителей лекарственных средств не используется

1 –поли-(бензил-L-аспартат), 2 – полиэтиленгликоль, 3 – полихлорвинил, 4 – поли-(D,L-молочная кислота).

Вопрос 7. Наноземульсии являются

1 – термодинамически стабильными системами (лиофильными коллоидами), 2 – термодинамически нестабильными системами (лиофобными коллоидами), 3 – это зависит от способа получения, 4 – все ответы верные.

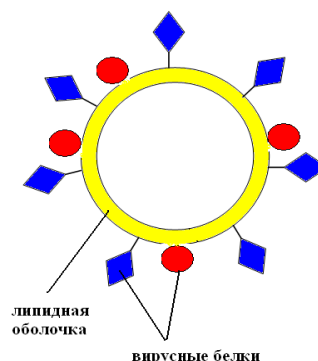
Вопрос 8. Микрокапсулирование — это процесс заключения мелких частиц вещества

1 – в полимерные мицеллы, 2 – в оболочку их желатина и гуммиарабика, 3 – в тонкую оболочку из пленкообразующего материала, 4 – в фосфолипидную оболочку.

Вопрос 9. Выберите правильные ответы. Микроэмульсии можно вводить
1 – перорально, 2 – трансдермально, 3 – на кожу (наружно), 4 – прямо в мозг.

Вопрос 10. На рисунке приведена схема строения

- 1 – стелс-липосомы,
- 2 – липосомальной вакцины (виросомы),
- 3 – липосомы с векторным компонентом,
- 4 – микроэмульсии



Примеры вопросов к итоговой контрольной работе. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа в виде теста содержит 20 вопросов, по 1,0 балла за вопрос.

Вопрос 1. Выберите правильные ответы. К перспективным направлениям наномедицины относятся:

- 1 – системы адресной доставки лекарств, 2 – имплантируемые устройства и материалы, 3 – высокотемпературные сверхпроводники, 4 – наночипы для диагностики; 5 – водородные источники энергии; 6 - наногайки

Вопрос 2. Стандарт GMP расшифровывается как

- 1 – Качественная лабораторная практика, 2 – Качественная производственная практика, 3 – Качественная клиническая практика, 4 – Качественная лечебная практика

Вопрос 3. Терапевтическая широта – интервал доз от минимальной терапевтической до

- 1 – средней эффективной, 2 – средней смертельной, 3 – минимальной смертельной, 4 – максимальной опасной

Вопрос 4. Гистогематические барьеры не препятствуют проникновению

- 1 – гидрофильных веществ, 2 – гидрофобных веществ, 3 – эритроцитов, 4 – альбумина

Вопрос 5. Биотрансформация (метаболизм) липофильных лекарственных веществ происходит в основном

- 1 – в желудке, 2 – в печени, 3 – в почках, 4 – в кишечнике

Вопрос 6. Выберите правильные ответы. При создании лекарственных средств должны быть полностью исключены

- 1 – мутагенное действие, 2 – аллергическое действие, 3 – канцерогенное действие, 4 – эмбриотоксическое действие, 5 – развитие лекарственной зависимости, 6 – снотворное действие.

Вопрос 7. Недостатком внутривенного введения не является

- 1 – болезненность, 2 – опасность внесения инфекции и пирогенных веществ, 3 – опасность закупорки сосудов (эмболии), 4 – медленное всасывание.

Вопрос 8. Выберите правильные ответы. Особенности действия веществ в наноразмерном состоянии являются

- 1 – способность к аккумуляции в организме, 2 – способность связываться с белками и нуклеиновыми кислотами, 3 – способность изменять ритм сердечных сокращений, 4 – способность вызывать рвоту.

Вопрос 9. Нанотоксикология – это

1 – изучение механизмов действия наночастиц на живые организмы, 2 – токсическое действие наночастиц на человека, 3 – изучение токсичности наноматериалов, 4 – применение наночастиц для детоксикации.

Вопрос 10. «Окислительный стресс» при действии наночастиц - это

1 – накопление наночастиц в печени и селезенке, 2 – адсорбция токсических веществ на поверхности наночастиц, 3 – проникновение наночастиц в ядро клетки, 4 – повышение продукции свободных радикалов за счет каталитического действия наночастиц.

Вопрос 11. Достоинства мезопористого SiO_2 как носителя ЛВ

1 – хорошо отработанные технологии получения, 2 – включение как гидрофильных, так и гидрофобных ЛВ, 3 – выводятся из организма, 4 – все перечисленные выше.

Вопрос 12. Производные фуллеренов могут применяться в медицине

1 – как носители лекарственных веществ, 2 – как действующие вещества, 3 – как действующие вещества и как носители лекарственных веществ, 4 – как бактерицидные добавки

Вопрос 13. Липосомные препараты применяются

1 – только в косметике, 2 – только в медицине, 3 – в медицине и косметике, 4 – правильного ответа нет.

Вопрос 14. «Пассивное нацеливание» липосом – это эффект проникновения липосом через увеличенные поры в капиллярах

1 – в печени и селезенке, 2 – в мозге, 3 – в мышцах, 4 – в раковых опухолях.

Вопрос 15. Достоинства полимерных мицелл как носителей лекарственных веществ:

1 – малый размер (менее 100 нм), 2 – более стабильны, чем липосомы, 3 – не захватываются органами РЭС, 4 – все перечисленные ответы.

Вопрос 16. Для создания полимерных мицелл – носителей лекарственных средств не используется

1 –поли-(бензил-L-аспартат), 2 – полиэтиленгликоль, 3 – полихлорвинил, 4 – поли-(D,L-молочная кислота).

Вопрос 17. Наноэмульсии являются

1 – термодинамически стабильными системами (лиофильными коллоидами), 2 – термодинамически нестабильными системами (лиофобными коллоидами), 3 – это зависит от способа получения, 4 – все ответы верные.

Вопрос 18. Микрокапсулирование — это процесс заключения мелких частиц вещества

1 – в полимерные мицеллы, 2 – в оболочку их желатина и гуммиарабика, 3 – в тонкую оболочку из пленкообразующего материала, 4 – в фосфолипидную оболочку.

Вопрос 19. Выберите правильные ответы. Микроэмульсии можно вводить

1 – перорально, 2 – трансдермально, 3 – на кожу (наружно), 4 – прямо в мозг.

Вопрос 20. Колларгол – бактерицидное средство с наночастицами серебра (коллоидным серебром) для промывания гнойных ран. Наночастицы в этом случае являются

1 – вспомогательным веществом, 2 – действующим веществом, 3 – нановеществом, 4 – рекламным ходом.

Полный перечень 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. Е.В. Коноплева Клиническая фармакология. В 2-х томах. М.: Юрайт, 2022 г. 688 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., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы: учебное пособие. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 365 с.
2. Шимановский Н.Л., Епинетов М.А., Мельников М.Я.. Молекулярная и нанофармакология. - М. : Физматлит, 2010. - 623 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>)

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 лекционным занятиям, общее число слайдов – более 350;
- раздаточный материал по лекциям
- набор тем докладов на семинарах, общее число тем – более 60
- банк тестовых заданий для контрольных работ
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – не менее 80).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

- Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «**Материаловедение и технологии материалов**»);

- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;

- Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;

- Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;

- Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+%%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);

- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);

- Положение об организации и использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf дата обращения: 30.05.2023);

- Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf дата обращения: 30.05.2023).

При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося в магистратуре направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по дисциплине.

Дисциплина *«Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»* включает 2 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого раздела рекомендуется регулярное повторение законспектированного лекционного материала, а также дополнение его сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. 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.

Практическое освоение учебного материала на семинарах проводится в форме подготовки докладов по выбранным из списка темам. Рекомендуется готовить доклады в форме компьютерных презентаций. Продолжительность доклада – 5-10 мин.

Совокупная оценка работы студента бакалавриата в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 40 баллов), за доклады на семинарах (максимальная оценка 20 баллов), за защиту реферата (максимальная оценка 20 баллов) и за итоговую контрольную работу (максимальная оценка 20 баллов). Контрольные работы проводятся в виде тестовых заданий.

Подготовка и защита реферата включает в себя поиск и детальный анализ одного источника научной информации (статьи или патента) по разработке и применению наноматериалов для фармацевтики. Объем реферата составляет 2-3 страницы.

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

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

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина *«Нanomатериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»* изучается в 6 семестре бакалавриата.

При подготовке и проведении занятий преподаватель должен ориентироваться на то, что студенты, обучающиеся в бакалавриате, имеют общую подготовку по общенаучным, инженерным дисциплинам и основным профессиональным дисциплинам профиля, в объеме, предусмотренном учебным планом бакалавриата, а также опыт восприятия и конспектирования изучаемого материала. В связи с этим материал дисциплины должен опираться на полученные знания и быть ориентирован на их расширение и углубление в соответствии с современными теоретическими представлениями и технологическими новациями. Обучение студентов может быть организовано как в виде традиционных лекций и практических занятий, так и научной дискуссии, которая помогает приобрести навыки и умения обосновывать круг рассматриваемых вопросов, формулировать главные положения, определения и практические выводы из теоретических положений. На занятиях должна прослеживаться взаимосвязь рассматриваемых вопросов с ранее изученным материалом.

Основной задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине *«Нanomатериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»*, является формирование у студентов компетенций в области материаловедения и технологии наноматериалов и наносистем, в том числе в области исследования, разработки и производства наноматериалов и наносистем для фармацевтики, главным образом направленного транспорта лекарственных веществ. При выборе материала для занятий желательно обращаться к опыту ведущих зарубежных и отечественных научно-исследовательских центров, научно-производственных фирм и предприятий, использовать их научные, информационные и рекламные материалы и проводить их сравнительный анализ.

Необходимой компонентой лекционных и практических занятий по дисциплине является широкое использование иллюстративного материала, в том числе с применением компьютерной техники. Иллюстративный материал включает презентации по разделам дисциплины, выполненные с использованием различных программных продуктов (например, Power Point в составе Microsoft Office). Для демонстрации иллюстративного материала рекомендуется использование мультимедиа.

При проведении занятий преподаватель может рекомендовать студентам проработку дополнительной литературы по тематике занятия, организуя ее обсуждение на практических занятиях, формирует у студентов навык к самостоятельной работе с разнообразными литературными источниками.

Для более полной и глубокой проработки материала дисциплины, в том числе на конкретных примерах, предусмотрено проведение практических занятий в форме

докладов обучающихся по выбранным из списка темам. Подготовка докладов направлена на повышение интереса к изучаемой дисциплине, она стимулирует обучающихся к самостоятельной творческой работе по изучаемой тематике. При проведении занятий преподаватель может рекомендовать студентам дополнительную литературу по тематике занятия. Желательно стимулировать студентов к самостоятельной работе с литературными источниками, задавая вопросы и организуя их обсуждение в аудитории.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. 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 01.01.2019 г составляет 1 708 372 экз. изданий.

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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

13.1. 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.

13.2. Учебно-наглядные пособия:

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

13.3. 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.

13.4. 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 15.05.2019).

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10	Контракт № 28-	бессрочно	Лицензия на операционную	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	Russian OLV NL Each Academic Edition	35ЭА/2020 от 26.05.2020		систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	
3.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	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 (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да
6.	Kaspersky Endpoint	Контракт № 90-133ЭА/2021 от	12 месяцев (ежегодное	Лицензия на ПО, не принимающее прямого	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	07.09.2021	продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Общие подходы к разработке и применению наноматериалов в медицине	<i>Знает:</i> - перспективные направления применения наноматериалов в медицине; - основы общей фармакологии и актуальные проблемы, связанные с созданием и применением наносистем и наноматериалов для фармацевтики; <i>Умеет:</i> - анализировать научную информацию по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов для фармацевтики; - применять теоретические знания об основных подходах к разработке наноматериалов для медицинского применения для решения исследовательских и прикладных задач <i>Владеет:</i> - способностью оценивать перспективы применения наночастиц и наноматериалов для создания лекарственных препаратов, предназначенных для различных путей введения;	Оценка за доклады. Оценка за первую контрольную работу Оценка на зачете.
Раздел 2. Виды наноматериалов и наносистем для фармацевтики	<i>Знает:</i> - перспективные направления применения наноматериалов в медицине; - основы общей фармакологии и актуальные проблемы, связанные с созданием и применением наносистем и наноматериалов для фармацевтики; - примеры наноматериалов для направленного транспорта веществ;	Оценка за доклады. Оценка за вторую контрольную работу Оценка на зачете.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<i>Умеет:</i> - анализировать научную информацию по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов для фармацевтики; - применять теоретические знания об основных подходах к разработке наноматериалов для медицинского применения для решения исследовательских и прикладных задач; <i>Владеет:</i> - способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области создания, исследования и применения наносистем и наноматериалов для фармацевтики; - способностью оценивать перспективы применения наночастиц и наноматериалов для создания лекарственных препаратов, предназначенных для различных путей введения.	

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

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

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

- Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

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

**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
«НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»**

**Направление подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии
материалов»**

**Профиль подготовки «Материаловедение и технологии наноматериалов
и наносистем»**

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена к.х.н. доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии
Е.В. Белозеровой.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

«14 » мая 2025 г., протокол № 11

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 22.03.01 – **Материаловедение и технологии материалов** профиль подготовки - **Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем**, рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Программа относится к вариативной части учебного плана. Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической и коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии.

Цель дисциплины: обучение студентов физико-химическим закономерностям формирования наноструктурированных материалов, ознакомление студентов с основными классами наночастиц и наноматериалов, их физико-химическими свойствами, а также со сложившимися и перспективными областями применения наноматериалов.

Основной задачей дисциплины является формирование у обучающихся системных глубоких знаний, обучение студентов физико-химическим закономерностям формирования наноструктурированных материалов, ознакомление студентов с основными классами наночастиц и наноматериалов, их физико-химическими свойствами, а также со сложившимися и перспективными областями применения наноматериалов.

Дисциплина «*Наноструктурированные материалы*» преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «*Наноструктурированные материалы*» при подготовке бакалавров по направлению 22.03.01 **Материаловедение и технологии материалов**, профиль подготовки - **Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем**, направлено на формирование следующих компетенций:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа	ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	ПК-4.1. Знает основные типы наноматериалов и наносистем и их свойства, способы их анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов. ПК-4.2 Умеет выбирать методы исследования основных типов наноматериалов, анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов. ПК-4.3. Владеет основными методами анализа и контроля качества сырья,	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и

комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред;		полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – б) Анализ опыта
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической	ПК-5.1 Знает основные виды источников научно-технической документации в области наноструктурированных материалов, методы ее поиска и анализа. ПК-5.2 Умеет анализировать научно-техническую документацию в области наноструктурированных материалов и применять	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных

при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	покрытия; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности. - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем;	документации	полученную информацию для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов. ПК-5.3 Владеет методами разработки новых и совершенствования действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноструктурированных материалов и составления научно-технической документации в области наноматериалов и наносистем.	композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины обучающийся должен
знать:

- основные типы наноматериалов и наноструктур, их основные физические и химические свойства и основные способы их получения;
- основные перспективные области применения различных видов наноматериалов;

уметь:

- выбирать необходимые виды наноматериалов и наноструктур
- ориентироваться в перспективах возможного применения новых наноматериалов и наносистем;
- ориентироваться в литературе, посвященной различным наноматериалам и наноструктурам;

владеть:

- методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций.

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:	3,11	112	84
в том числе в форме практической подготовки	1,78	64	48
Лекции	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	1,78	64	48
в том числе в форме практической подготовки	1,78	64	48
Самостоятельная работа	1,88	68	51
Контактная самостоятельная работа	1,88	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		68	51
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Академ. часов

п/п		Всего	Лек-ции	Лаб. рабо-ты	Прак. зан.	Сам. рабо-та
1.	Фундаментальные понятия о наноматериалах и нанотехнологии.	28	6	0	4	18
1.1	Введение. Основные понятия о свойствах наноматериалах и нанотехнологии.	9	2	-	1	6
1.2	Общие свойства и типы нанообъектов.	9	2	-	1	6
1.3	Основные типы наноструктур в электронике.	10	2	-	2	6
2.	Основные виды наноструктур	130	20	64	10	36
2.1	Порошки и объемные наноструктурные материалы.	30	4	16	2	8
2.2	Углеродные наноматериалы	30	4	16	2	8
2.3	Кластеры.	5	2	-	1	2
2.4	Наноструктуры в жидкостях	29	4	16	1	8
2.5	Наноструктурные пленки, покрытия и поверхностные слои.	28	2	16	2	8
2.6	Пористые тела. Мембраны	8	4	-	2	2
3.	Супрамолекулярные ансамбли и наномашинны	22	6	0	2	14
3.1	Супрамолекулярные ансамбли	8	2	-	1	5
3.2	Ассемблеры и молекулярные машины.	8	2	-	1	5
3.3	Нанообъекты в окружающей среде. Заключение	6	2	-	-	4
	ИТОГО	180	32	64	16	68
	Вид контроля: экзамен	36	-	-	-	36
	ИТОГО	216				

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Фундаментальные понятия о наноматериалах и нанотехнологии.

Введение. Основные понятия о наноматериалах и нанотехнологии. Что такое «нано». Определение нанообъекта. Определение нанотехнологии. Основные причины особых свойств нанообъектов. Размерный эффект. Наноматериалы. Развитие науки о наноструктурах и наноматериалах. Особые свойства наноматериалов. Нанотехнология. Задачи и возможности нанотехнологии на современном этапе. Общие свойства и типы нанообъектов. Классификация нанообъектов. Нанообъекты в твердом веществе, в жидкостях и газах. Особые физические и химические свойства нанообъектов и наноструктурированных систем. Основные закономерности изменения свойств наноматериалов. Границы раздела фаз. Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов. Зависимость свойств от размера частиц. Электронные свойства наночастиц. Особенности термодинамики нанообъектов. Квазиравновесие в наносистемах. Устойчивость нанообъектов. Кинетика процессов в наносистемах. Физические, химические свойства нанообъектов: наночастиц, нанотрубок и нанопроволок, аморфных неорганических наноструктур. Фракталы в описании свойств наноматериалов. Основные типы наноструктур в электронике. Полупроводниковые наноструктуры: квантовые ямы, нити и точки. Искусственный атом, квантовые точки. Получение квантовых точек. Литография. Квантовый лазер.

Раздел 2. Основные виды наноструктур

Порошки и объемные наноструктурные материалы. Ультрадисперсные материалы. Классификация порошков. Методы получения нанопорошков. Консолидированные наноматериалы. Поведение наночастиц при спекании. Методы получения объемных наноструктурных материалов. Интенсивная пластическая деформация. Свойства наноструктур, полученных различными методами.

Углеродные наноматериалы. Фуллерены, углеродные нанотрубки и нановолокна. Фуллерены и их свойства. Открытие нанотрубок. Нанотрубки и нановолокна. Основные пути получения нанотрубок и нановолокон. Физические и химические свойства нанообъектов: наночастиц, фуллеренов, нанотрубок, нановолокон. Области их применения.

Кластеры. Определение. Виды кластеров. Многоядерные комплексные соединения. Молекулярные кластеры. Кластерные материалы. Особые свойства кластеров. Неуглеродные тубулярные наноструктуры. Кластеры – как элементы наноразмерных объектов.

Наноструктуры в жидкостях. Мицеллы, микроэмульсии, нанодисперсии. Наноструктурированные гели. Кластеры в растворах. Коллоидные частицы металлов. Магнитные жидкости. Наноструктурированные стекла. Физические и химические свойства тонких пленок и поверхностных слоев, мицеллярных систем и микроэмульсий, жидких кристаллов, аэрозолей, золь, гелей.

Наноструктурные пленки, покрытия и поверхностные слои. Наноструктурированные покрытия. Композитные покрытия. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. Метод молекулярного наслаивания.

Пористые тела Физические и химические свойства нанообъектов - нанопористых тел, молекулярных сит. Номенклатура размеров пор.

Мембраны. Мембранные процессы. Классификация мембран. Молекулярные сита. Трековые мембраны. Использование трековых мембран, как матрицы для синтеза наноструктур.

Раздел 3. Супрамолекулярные ансамбли и наномашин

Супрамолекулярные ансамбли. Молекулярное распознавание, информация, комплементарность. Процессы переноса с носителями. Молекулярные и супрамолекулярные устройства. Самосборка и самоорганизация запрограммированных супрамолекулярных систем.

Ассемблеры и молекулярные машины. Наномеханические и наноэлектронные устройства. Ассемблеры и молекулярные машины.

Нанообъекты в окружающей среде. Природные нанообъекты. «Черные курильщики». Шунгит. Роль наночастиц в трансграничном переносе химических элементов в окружающей среде.

Заключение. Сложившиеся и перспективные области применения наноматериалов в различных отраслях промышленности. Перспективы и проблемы использования наноматериалов и нанотехнологии в различных областях.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетенции	Разделы		
	1	2	3
Знать:			
Основные типы наноматериалов и наноструктур, их основные физические и химические свойства и основные способы их получения;	+	+	-
Основные перспективные области применения различных видов наноматериалов;	-	+	+
Уметь:			
Выбирать необходимые виды наноматериалов и наноструктур	-	+	-
Видеть перспективы возможного применения новых наноматериалов и наносистем;	+	+	+
Ориентироваться в литературе, посвященной различным наноматериалам и наноструктурам;	+	+	+
Владеть:			
Методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций..	+	+	+
Код и наименование ПК			
ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	-	+	+
ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

Предусмотрены практические занятия обучающегося в бакалавриате в объеме 16 часов (0,44 зач. ед.).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	- Основные этапы развития науки о наноматериалах и нанотехнологии; - Тенденции и современные достижения создания наноматериалов в нанoeлектронике;	2 2

2	Раздел 2	• Нанопорошки. Интенсивная пластическая деформация. Свойства наноструктур, полученных различными методами.	2
		• Физические и химические свойства углеродных наночастиц, фуллеренов, нанотрубок, нановолокон;	2
		• Кластерные материалы. Особые свойства кластеров. Неуглеродные тубулярные наноструктуры. Кластеры – как элементы наноразмерных объектов;	1
		• Физические и химические свойства тонких пленок и поверхностных слоев, мицеллярных систем и микроэмульсий, жидких кристаллов, аэрозолей, золь, гелей;	3
		• Мембранные процессы. Классификация мембран. Молекулярные сита. Трековые мембраны. Использование трековых мембран, как матрицы для синтеза наноструктур.	2
3	Раздел 3	• Синтез наномашин и изучение природы активных компонентов наномашин, как функциональных материалов.	2

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине *«Наноструктурированные материалы»* выполняется в соответствии с Учебным планом в 7 семестре и занимает 64 акад. ч. Лабораторные работы охватывают второй раздел дисциплины. В практикум входит 4 работы, примерно по 16 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 *«Наноструктурированные материалы»*.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 20 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

№	№ раздела дисциплины	Наименование	Кол-во часов
1.	Раздел 2	Самоорганизующиеся наноструктуры в системе АОТ – н-декан – вода	16
2.	Раздел 2	Наноструктуры фосфолипидов в системе лецитин – масло – вода	16
3.	Раздел 2	Магнитные жидкости	16
4.	Раздел 2	Объемная и зернограничная диффузия	16

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- 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 экзамена по дисциплине.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитическая работа студентов по дисциплине
«Наноструктурированные материалы» не предусмотрена.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Первая контрольная работа представляет собой кейс по двум разделам 1 и 2. Вторая контрольная работа соответствует 3 разделу. Максимальная оценка за каждую контрольную работу - 20 баллов.

8.2.1. Контрольная работа № 1. Разделы 1, 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.

Примеры вопросов:

1. Какой из фуллеренов является наиболее устойчивым?
2. 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?
3. Какое свойство сильно отличается у нанопузырей в объеме воды и на гидрофобной поверхности в воде?
4. Наночистота использует мембраны со свойствами между обратноосмотическими и ультрафильтрационными; размер пор?
5. Темплатный синтез наночастиц?
6. Энергия активации зернограничной диффузии в сравнении с диффузией в объеме?
7. Коэффициенты диффузии в нанокристаллических материалах при низких температурах по сравнению с коэффициентами диффузии в макристаллических материалах?
8. Трековые мембраны?
9. Квантовая структура, где движение частицы ограничено по двум координатам?
10. Что такое квантовая точка?
11. Почему квантовые точки называют искусственными атомами?

12. Изотермическая перегонка (Оствальдово созревание) в наноматериалах?
13. В какой термодинамической теории граница раздела фаз представляется слоем с конечной толщиной?
14. Как влияет изменение длины углеродной нанотрубки на расстояние между дискретными электронными уровнями?
15. Как отличаются свойства графана от свойств графена?

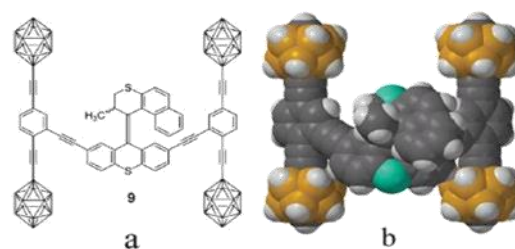
8.2.2. Контрольная работа № 2. Раздел 3

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.

Примеры вопросов:

1. Где и как была синтезирована наномашина (см. рис.)?
2. Откуда берется энергия для движения наномшины, изображенной на рисунке?
3. Какой микроскоп может рассматриваться как прообраз машины, манипулирующей атомами (прообраз ассемблера)?



4. Что такое молекулярный ассемблер?
5. Какую биологическую структуру можно было бы назвать молекулярным ассемблером??
6. Размерный эффект в наноматериалах?
7. Шунгит, местонахождение, свойства, применение.
8. Метод Ленгмюра-Блоджетт?
9. Метод равноканального углового прессования.
10. Какая из структур углеродных нанотрубок обладает наибольшей плотностью?
11. При определенном давлении происходит уплотнение структуры кристалла. Влияет ли размер частиц на величину давления, при котором происходит перестройка структуры кристалла?
12. Какой тип гибридизации соответствует карбину?
13. Какими материалами согласно номенклатуре IUPAC можно назвать цеолиты?
14. Фуллереновая сетка или нанотрубка удовлетворяет теореме Эйлера, которая связывает число вершин v (здесь атомы углерода), число граней, ребер - e (ковалентные связи) и f - число ячеек, плоскостей. Напишите соответствующее уравнение.
15. Способ Шеффера при переносе пленок с поверхности жидкости на подложке?

8.2.3. Оценка лабораторных работ

Сдача лабораторной работы заключается в устном объяснении полученных результатов, их взаимосвязи с размерами синтезированных наночастиц. Затем проводится тест-контроль знаний, полученных при выполнении лабораторных работ. В каждом тесте содержится 5 вопросов. За каждый правильный ответ обучающийся получает 1 балл, неправильный ответ - 0 баллов.

Максимальная оценка за каждую лабораторную работу - 5 баллов.
 Это является контрольной точкой № 3. Максимальная оценка - 20 баллов.

Примеры вопросов:

1. Какие формы могут принимать наноструктуры лецитина в водной среде?
2. Как различаются скорости объемной и зернограничной диффузии?
3. Какого размера получаются наночастицы оксида железа в магнитной жидкости?

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Экзамен)

Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов

Экзаменационный билет содержит 2 вопроса. 1 вопрос – 20 баллов, 2 вопрос – 20 баллов.

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины

1. При определенном давлении происходит уплотнение структуры кристалла. Влияет ли размер частиц на величину давления, при котором происходит перестройка структуры кристалла?
2. SWNT - однослойные углеродные нанотрубки.
3. Получение нанопористого углерода по методу, разработанному в РНЦ «Прикладная химия» в Санкт-Петербурге?
4. Молекулярные сита МСМ-41?
5. Модификации структуры материала, когда переход одной модификации в другую происходит не скачкообразно, а постепенно и не сопровождается резким тепловым эффектом, что объясняет существование в природе при одинаковых термодинамических условиях нескольких таких модификаций?
6. Фуллерен и его свойства?
7. Какие из наноструктур являются термодинамически неустойчивыми? 1
8. Уравнение Гиббса-Томсона?
9. Как образуются коагуляционные структуры?
10. Зависимость прочности современных конструкционных материалов от их ударной вязкости или пластичности. Особенности наноматериалов.
11. При каких условиях наночастицы будут осаждаться в жидкости?
12. Метод Г.Глейтера получения наноматериалов.
13. За какие работы была присуждена Нобелевская премия Ж.И.Алферову?
14. Закон Петча-Холла (Холла-Петча)?
15. Что такое «Молекулярные сита»?

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

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена

«Утверждаю» И.о. зав. кафедрой НМНТ ____М.Ю. Королева	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов Профиль – «Материаловедение и технологии»

«__» _____ 20__ г.	наноматериалов и наносистем»
	Наноструктурированные материалы
Билет № 1 1. SWNT - однослойные углеродные нанотрубки. 2. Метод Г.Глейтера получения наноматериалов.	

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. Пряхин Е. И., Вологжанина С. А., Петкова А. П.а, Ганзуленко О. Ю. Наноматериалы и нанотехнологии, Издательство "Лань", 2022, 372 с.
3. 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.
4. Джардималиева Г. И., Кыдралиева К. А., Метелица А. В., Уфлянд И.Е. Наноматериалы. Свойства и сферы применения, Издательство "Лань", 2021, 200 с.
5. Т. О. Липатьева, С. В. Лотарев, В. Н. Сигаев. Зондовая нанолaborатория "ИНТЕГРА Спектра". Спектроскопия комбинационного рассеяния / сост.: Т. О. Липатьева, С. В. Лотарев, В. Н. Сигаев. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. - 30 с.

Б. Дополнительная литература

1. Шабанова Н. А., Саркисов П.Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012, 328 с.
2. 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.
3. Юртов Е.В., Королева М.Ю. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2010, 152 с.
4. Кобаяси, Н. Введение в нанотехнологию : пер. с яп.: Учебное изд. / Н. Кобаяси. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 134 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. Сайт кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева <http://nano.muctr.ru/>
7. Сайт Роснано <http://www.rusnano.com>
8. Сайт о нанотехнологиях в России <http://www.nanonewsnet.ru>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данной дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 8, (общее число слайдов – более 600);
- 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 40).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов»);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
- Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;
- Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;
- Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+&EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);

– Положение об организации и использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf дата обращения: 30.05.2023);

– Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf дата обращения: 30.05.2023).

При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по дисциплине.

Учебная дисциплина «*Наноструктурированные материалы*» включает 3 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого раздела рекомендуется регулярное повторение законспектированного лекционного материала, а также дополнение его демонстрационными фильмами, а также сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка двух контрольных работ составляет по 20 баллов каждая.

После выполнения лабораторных работ обучающиеся оформляют отчет по лабораторной работе в соответствии с требованиями, изложенными в описании каждой лабораторной работы. После оформления отчета обучающиеся сдают лабораторную

работу преподавателю, объясняя полученные результаты. Максимальная оценка за лабораторные работы составляет 20 баллов, по 5 баллов за каждую лабораторную работу.

Совокупная оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (кейсов). Максимальная оценка текущей работы в семестре составляет 60 баллов.

В соответствии с учебным планом изучение дисциплины завершается итоговым контролем в форме экзамена. Максимальная оценка на экзамене составляет 40 баллов.

Общая оценка результатов освоения дисциплины складывается из числа баллов, набранных в семестре (контрольные работы) и на экзамене. Максимальное количество баллов по дисциплине составляет 100.

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Основной задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине *«Наноструктурированные материалы»* является выработка у обучающихся понимания необходимости знания предмета для их дальнейшей работы в области наноматериалов и нанотехнологии.

В разделе «Фундаментальные понятия о наноматериалах и нанотехнологии» необходимо обсудить смысл основных понятий нанотехнологии. При этом обязательно познакомить слушателей с английскими вариантами терминов и понятий, используемых в нанотехнологии. Необходимо подчеркнуть роль отечественных ученых в развитии основных положений науки о наноматериалах и нанотехнологии. Особое внимание следует уделить наноматериалам, используемым в электронике. Наноматериалы в электронике – один из ключевых разделов науки о наноматериалах.

В разделе «Основные виды наноструктур» рекомендуется рассмотреть основные типы наноструктур, прежде всего: порошки и объемные наноструктурные материалы, углеродные наноматериалы, кластеры, наноструктуры в жидкостях, наноструктурные пленки, покрытия и поверхностные слои, пористые тела, мембраны. Изучая наночастицы, следует обратить внимание обучающихся на размерные эффекты, обуславливающие изменение свойств и структуры для наночастиц различного размера.

Следует уделить внимание строению и свойствам наночастиц различной морфологии, их влиянию на различные свойства, в том числе в композиционных материалах.

Необходимо уделить внимание вопросам синтеза магнитных наночастиц. Дать основные понятия о способах получения магнитных жидкостей.

Рассматривая тему «Пористые тела» следует подробно рассказать о важности значения удельной межфазной поверхности для характеристики пористых тел. Рассказывая о мембранах следует раскрыть разнообразие материалов, используемых для изготовления мембран. Рассказать о ядерных фильтрах, их методах получения и перспективах использования, особенно в медицинских приложениях.

В разделе «Супрамолекулярные ансамбли и наномашин» следует уделить внимание строению супермолекул и супрамолекулярных ансамблей. Рассказать о различном значении компонентов супрамолекулярных ансамблей, влиянии на супрамолекулярные ансамбли разных воздействий различной физической природы. Необходимо подчеркнуть связь супрамолекулярных ансамблей с наномашинami различной природы. Продемонстрировать перспективы развития наномашин для создания функциональных устройств различного назначения.

С целью более эффективного усвоения обучающимися материала данной дисциплины при проведении лекционных и практических занятий рекомендуется использовать мультимедийные презентации, графики и таблицы, иллюстрирующие лекционный материал, демонстрационные фильмы. При проведении лабораторных работ следует уделить особое внимание навыкам работы обучающихся в химической лаборатории, продемонстрировать взаимосвязь лекционных и практических занятий и лабораторными работами.

При проведении лабораторных работ следует уделить особое внимание навыкам работы обучающихся в химической лаборатории, продемонстрировать взаимосвязь лекционных и практических занятий и лабораторными работами.

Для более глубокого изучения предмета в рамках самостоятельной работы преподаватель может рекомендовать обучающимся ознакомление с публикациями в периодических журналах и Интернет-ресурсах и посещение специализированных выставок и семинаров.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают

самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;

- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. 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 01.01.2019 составляет 1708372 изданий.

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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Наноструктурированные материалы»* проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ 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.

Лаборатория, снабженная 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, оптический поляризационный микроскоп, синхронный термический анализатор, анализатор размера и дзета-потенциала частиц, анализатор стабильности дисперсных систем, ротационный вискозиметр (реометр).

13.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам дисциплины; распечатки слайдов презентаций.

13.3. 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.

13.4. 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, размещенные на сайте кафедры наноматериалов и нанотехнологии (<http://nano.muctr.ru> дата обращения 15.11.2019).

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
3.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	• Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath		обновлённую версию продукта)		
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1.	знает:	Оценка за

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Фундаментальные понятия о наноматериалах и нанотехнологии	• основные типы наноматериалов и наноструктур, их основные физические и химические свойства и основные способы их получения; умеет: • видеть перспективы возможного применения новых наноматериалов и наносистем; • ориентироваться в литературе, посвященной различным наноматериалам и наноструктурам; владеет: • методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций.	контрольную работу № 1. Оценка на экзамене.
Раздел 2. Основные виды наноструктур	знает: • основные типы наноматериалов и наноструктур, их основные физические и химические свойства и основные способы их получения; • основные перспективные области применения различных видов наноматериалов; умеет: • выбирать необходимые виды наноматериалов и наноструктур • видеть перспективы возможного применения новых наноматериалов и наносистем; • ориентироваться в литературе, посвященной различным наноматериалам и наноструктурам; владеет: • методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций.	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за контрольную точку № 3. Оценка на экзамене.
Раздел 3. Супрамолекулярные ансамбли и наномашинны	знает: • основные перспективные области применения различных видов наноматериалов;	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	умеет: • видеть перспективы возможного применения новых наноматериалов и наносистем; • ориентироваться в литературе, посвященной различным наноматериалам и наноструктурам; владеет: • методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций.	контрольную точку № 3. Оценка на экзамене.

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

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

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

– Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

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

**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
«ОСНОВЫ БИОХИМИИ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И
ТЕХНОЛОГИИ НАНОМАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов**

**Профиль подготовки – «Материаловедение и технологии
наноматериалов и наносистем»**

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена д.х.н. профессором кафедры наноматериалов и нанотехнологии
Н.М. Мурашовой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

«14 » мая 2025 г., протокол № 11

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) бакалавриата по направлению подготовки **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»**, рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева.

Дисциплина **«Основы биохимии для материаловедения и технологии наноматериалов»** относится к вариативной части обязательных дисциплин учебного плана (**Б1.В.12**). Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют подготовку по дисциплинам «Общая и неорганическая химия» и «Органическая химия».

Цель дисциплины: ознакомить студентов с основными классами биологических молекул, их строением и функциями, дать понятие о строении и функциях биологических наноструктур в живой природе на примере энергетических процессов в клетке, процессов генерирования, восприятия и передачи сигналов, механического движения.

Задачи дисциплины:

ознакомление студентов с основами цитологии и вирусологии;

формирование у обучающихся глубоких и систематических знаний в области биохимии, в том числе по основным классам биологических молекул, их строению и функциям;

выработка на этой основе системного подхода к пониманию функционирования биологических наноструктур в живой природе на примере энергетических процессов в клетке, процессов генерирования, восприятия и передачи сигналов и механического движения;

формирование способности ориентироваться в научной литературе, посвященной медицинским и биологическим приложениям нанотехнологии и вести диалог и сотрудничество с представителями медицинских и биологических наук.

Дисциплина **«Основы биохимии для материаловедения и технологии наноматериалов»** преподается в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Основы биохимии для материаловедения и технологии наноматериалов»** при подготовке бакалавров по направлению подготовки **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»**, направлено на формирование следующих компетенций:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа	ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	ПК-4.1. Знает основные типы наноматериалов и наносистем и их свойства, способы их анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и

физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред;			модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины обучающийся должен

Знать:

- строение, свойства и биологические функции основных классов биомолекул;
- строение и работу наиболее важных биологических наноструктур;
- молекулярные механизмы восприятия, передачи и приема информации в живых системах;
- молекулярные механизмы получения и хранения энергии в живых системах;
- молекулярные механизмы механического движения в живых системах;

Уметь:

- видеть перспективы возможных биологических, медицинских и экологических приложений нанотехнологии;
- самостоятельно ориентироваться в литературе, посвященной медицинским и биологическим приложениям нанотехнологии;
- вести диалог и сотрудничество с представителями медицинских и биологических наук;

Владеть:

- навыками анализа научно-технической литературы в области строения, свойств, функций и возможного применения наноструктур биологического происхождения.
- способностью использовать на практике знания о строении и функционировании биологических наноструктур, в том числе при разработке новых наноматериалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах
Общая трудоемкость дисциплины	5,0	180
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,8	64
Лекции (Лек)	0,9	32
Практические занятия (ПЗ)	0,9	32
Самостоятельная работа (СР):	3,2	116
Контактная самостоятельная работа		0,2
Самостоятельная проработка разделов дисциплины	1,68	61,8
Подготовка докладов на семинарах	0,5	18
Подготовка к зачету	1,0	36
Вид контроля: зачет с оценкой	-	-

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В астрон. часах
Общая трудоемкость дисциплины	5,0	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,8	48
Лекции (Лек)	0,9	24
Практические занятия (ПЗ)	0,9	24
Самостоятельная работа (СР):	3,2	87
Контактная самостоятельная работа	-	0,15
Самостоятельная проработка разделов дисциплины	1,7	46,35
Подготовка докладов на семинарах	0,5	13,5
Подготовка к зачету	1,0	27
Вид 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. Основы биохимии, цитологии и вирусологии	18	4	4	10
1.1	Введение	7	1	1	5
1.2	Клетки и вирусы	11	3	3	5
2	Раздел 2. Основные классы биологических молекул	80	18	18	44
2.1	Белковые нанообъекты	27	6	6	15
2.2	Углеводные наноструктуры	10	2	2	6
2.3	Липиды и биологические мембраны	16	4	4	8
2.4	Наноструктура и функции нуклеиновых кислот	27	6	6	15
3	Раздел 3. Молекулярные механизмы функционирования биологических наноструктур	46	10	10	26
3.1	Молекулярные механизмы восприятия и передачи информации	18	4	4	10
3.2	Механическое движение	5	1	1	3
3.3	Молекулярные механизмы превращения энергии и вещества в живых системах.	18	4	4	10
3.4	Достижения и перспективы развития нанобиотехнологии	5	1	1	3
	Подготовка к зачету	36	-	-	36
	Форма контроля – зачет с оценкой				
	Всего часов	180	32	32	116

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основы биохимии, цитологии и вирусологии

1.1. Введение. Место биохимии среди других естественных наук. Объекты изучения биохимии. Связь биохимии и нанотехнологии. Биомиметика. Уровни организации биологических систем. Биологические объекты как наноструктуры и наномашин. Элементный состав живых организмов. Особая роль воды для живых организмов.

1.2. Клетки и вирусы. Основы клеточной теории. Прокариоты и эукариоты. Строение, функции и характерные размеры клеточных структур. Строение вирусных частиц. Классификация вирусов. Взаимодействие вирусов с клеткой. Лизогенный и литический путь. Вирусы как природные наномашин.

Раздел 2. Основные классы биологических молекул

2.1. Белковые нанообъекты. Аминокислоты: определение, общая формула, оптическая активность. Биологические функции аминокислот. Структура аминокислот. Незаменимые аминокислоты. Структура и биологические функции пептидов.

Биологические функции, характерные размеры молекул белков. Уровни организации структуры белков. Денатурация. Наноструктура коллагеновых волокон. Структура и функции гемоглобина. Структура и функции иммуноглобулинов.

Определение, номенклатура и классификация ферментов. Особенности действия ферментов как катализаторов. Строение активного центра ферментов. Механизм действия фермента - теория индуцированного соответствия. Основы ферментативной кинетики: влияние температуры, pH, концентрации фермента и субстрата. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Регуляция активности ферментов – конкурентное и неконкурентное ингибирование, аллостерическая регуляция, ковалентная модификация. Каскад ферментативных реакций на примере свертывания крови.

Коферменты. Примеры коферментов. Функции витаминов как коферментов. Другие функции витаминов. Примеры витаминов. Авитаминоз.

2.2. Углеводные наноструктуры. Строение и биологические функции углеводов. Моносахариды. Структурная и оптическая изомерия моносахаридов, линейные и циклические формы. Дисахариды – сахароза и лактоза. Полисахариды: целлюлоза, крахмал, гликоген, инулин, хитин, гиалуроновая кислота. Наноструктура клеточной стенки растений.

2.3. Липиды и биологические мембраны. Биологические функции и классификация липидов. Жирные кислоты. Триглицериды. Воски. Фосфолипиды. Стероиды, холестерин. Каротиноиды. Терпены.

Наноструктура клеточной мембраны – липидный бислой, периферические и интегральные белки. Функции клеточных мембран. Мембранный транспорт: простая и облегченная диффузия, активный транспорт. Механизм действия Na^+/K^+ -насоса. Роль ионных каналов в проведении нервного импульса.

2.4. Наноструктура и функции нуклеиновых кислот. Химический состав нуклеиновых кислот, азотистые основания. Упаковка ДНК, наноструктура хроматина. Принцип комплементарности, водородные связи между азотистыми основаниями. Наноструктура двойной спирали ДНК.

Свойства генетического кода, строение генов. Организация генетического материала, структурные гены и регуляторные участки. Интроны и экзоны. Мутации и факторы, их вызывающие. Репарация ДНК. Примеры наследственных заболеваний.

Процессы передачи генетической информации. Репликация ДНК, строение репликативной вилки. Транскрипция, работа РНК-полимеразы. Строение транспортной РНК. Строение и работа рибосомы. Основные стадии процесса трансляции.

Раздел 3. Молекулярные механизмы функционирования биологических наноструктур

3.1. Молекулярные механизмы восприятия и передачи информации.

Нервная и гуморальная регуляция организма. Понятие гормона. Особенности действия гормонов. Молекулярные механизмы действия гормонов: мембрано-опосредованный и цитозольный механизм. Классификация гормонов. Структура и биологические функции некоторых гормонов гипофиза и периферических желез. Гормональные нарушения.

Нервная регуляция, строение аксонов. Строение и работа нервно-мышечного синапса, нейромедиаторы. Органы чувств. Понятие рецептора. Строение и молекулярный механизм работы зрительного рецептора. Строение и механизм работы слухового рецептора. Молекулярный механизм восприятия вкуса на примере сахарозы.

3.2. Механическое движение. Строение микротрубочек. Молекулярная структура и работа клеточных ресничек. Вращательное движение жгутиков клетки («наномотор»). Строение мышечной клетки, миофибриллы. Наноструктура актина и миозина. Молекулярные механизмы мышечного сокращения.

3.3. Молекулярные механизмы превращения энергии и вещества в живых системах. Понятие метаболизма, катаболизм и анаболизм. Центральные пути обмена. Ключевые метаболиты – пируват и ацетилКоА. Макроэргические молекулы.

Аэробное и анаэробное окисление углеводов. Гликолиз, его стадии. Пируватгидрогеназная реакция. Цикл Кребса. Общий материальный и энергетический баланс аэробного окисления глюкозы.

Строение и роль митохондрий. Механизм окислительного фосфорилирования, сопряжение процессов окисления и фосфорилирования, роль мембраны. Молекулярная организация дыхательной цепи.

Фотосинтез, световая и темновая стадии. Материальный и энергетический баланс фотосинтеза. Строение хлоропластов, структура хлорофилла. Механизм световой стадии фотосинтеза. Темновая стадия фотосинтеза, цикл Кальвина.

3.4. Достижения и перспективы развития нанобиотехнологии. Нанобиотехнология. Возможные биологические и медицинские приложения нанотехнологии и наноматериалов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
Знать:			
строение, свойства и биологические функции основных классов биомолекул;	+	+	-
строение и работу наиболее важных биологических наноструктур;	+	+	+
молекулярные механизмы восприятия, передачи и приема информации в живых системах;	-	-	+
молекулярные механизмы получения и хранения энергии в живых системах;	-	-	+
молекулярные механизмы механического движения в живых системах;	-	-	+
Уметь:			
видеть перспективы возможных биологических, медицинских и экологических приложений нанотехнологии;	-	-	+

В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
самостоятельно ориентироваться в литературе, посвященной медицинским и биологическим приложениям нанотехнологии;	+	+	+
вести диалог и сотрудничество с представителями медицинских и биологических наук;	+	+	+
Владеть:			
навыками анализа научно-технической литературы в области строения, свойств, функций и возможного применения наноструктур биологического происхождения;	+	+	+
способностью использовать на практике знания о строении и функционировании биологических наноструктур, в том числе при разработке новых наноматериалов.	+	+	+
Код и наименование ПК			
ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Предусмотрены практические занятия обучающегося в бакалавриате в объеме в объеме 32 акад. часа (0,9 зач. ед.).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1	Основы биохимии. Биомиметика.	1
2	1.2	Основы цитологии.	1
3	1.2	Основы вирусологии.	2
4	2.1	Аминокислоты и пептиды	2
5	2.1	Структура белковых молекул.	1
6	2.1	Ферменты.	2
7	2.1	Витамины.	1
8	2.2	Углеводы.	2
9	2.3	Липиды.	2
10	2.3	Биомембраны.	2
11	2.4	Структура нуклеиновых кислот	3
12	2.4	Репликация, транскрипция, трансляция.	3
13	3.1	Гормоны.	2
14	3.1	Строение и работа нервно-мышечного синапса, нейромедиаторы.	1
15	3.1	Зрительный, слуховой и вкусовой рецепторы.	1
16	3.2	Молекулярные основы механического движения.	1
17	3.3	Гликолиз. Пируватгидрогеназная реакция. Цикл Кребса.	2
18	3.3	Окислительное фосфорилирование.	1
19	3.3	Фотосинтез.	1
20	3.4	Возможные биологические и медицинские приложения	1

	нанотехнологии и наноматериалов	

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Основы биохимии для материаловедения и технологии наноматериалов*» не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины «*Основы биохимии для материаловедения и технологии наноматериалов*» предусмотрена самостоятельная работа студента бакалавриата в объеме 116 акад. часов (3,2 зач. ед.), в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины 62 акад. часа, подготовка докладов на семинарах в объеме 18 акад. часов и подготовка к зачету 36 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 к контрольным работам;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами и электронными базами данных;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой по дисциплине.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

На практических занятиях предусмотрено 2 обязательных доклада. Максимальная оценка за один доклад составляет 5 баллов, всего за доклады предусмотрено 10 баллов.

Примерные темы докладов.

Раздел 1. Основы биохимии, цитологии и вирусологии

1. Примеры изобретений, созданных с помощью биомиметического подхода
2. Роль некоторых макроэлементов в организме человека (взять для примера 3-4 макроэлемента)
3. Роль некоторых микроэлементов в организме человека (взять для примера 3-4 микроэлемента)
4. Современные гипотезы о происхождении жизни на Земле
5. История изучения клеток и создания современной клеточной теории
6. Строение и функции волокон цитоскелета в клетках эукариот
7. Прокариоты и их роль в биосфере
8. Классификация вирусов
9. Вирус иммунодефицита человека - подробно
10. Вирус гриппа - подробно

Раздел 2. Основные классы биологических молекул

1. Применение аминокислот в медицине.
2. Пептиды-нейромедиаторы: энкефалины и эндорфины.

3. Строение и действие пептидных токсинов из яда пчел и скорпионов.
4. Современные методы анализа аминокислотной последовательности белков (секвенирование).
 5. Структурные белки на примере кератина и фиброина.
 6. Белковые токсины – ботулиновый и столбнячный.
 7. Получение и применение моноклональных антител.
 8. Иммунофлуоресцентный анализ.
 9. Примеры лекарственных средств, являющихся ингибиторами ферментов (2-3 примера).
 10. Цинга и борьба с ней. История открытия и изучения аскорбиновой кислоты.
 11. Примеры авитаминозов (3-4 примера).
 12. История сахара. Современное производство свекловичного сахара.
 13. Целлюлоза и ее переработка. Получение бумаги.
 14. Гиалуроновая кислота и ее применение в косметике.
 15. История и современная технология мыла.
 16. Роль жировых отложений в организме человека. Полезно ли быть худой?
 17. Ланолин (шерстяной жир). Состав, выделение и применение.
 18. Строение и применение липосом.
 19. Проблема отторжения чужеродных клеток. Главный комплекс гистосовместимости
 20. Кальциевые каналы и их роль.
 21. Полимеразная цепная реакция и ее применение.
 22. Методы секвенирования ДНК.
 23. Программа «Геном человека»
 24. Основные методы генной инженерии.
 25. Генетически модифицированные организмы.

Раздел 3. Молекулярные механизмы функционирования биологических наноструктур

1. Гормоны гипофиза (примеры). Заболевания при их недостатке и избытке
2. Гормоны коры надпочечников (кортикостероиды). Заболевания при их недостатке и избытке
3. Сахарный диабет
4. Гормоны растений
5. Нейромедиаторы в ЦНС и их роль.
6. Фосфорорганические отравляющие вещества (зарин и др.) и механизм их действия на нервно-мышечную передачу сигнала
7. Молекулярный механизм восприятия запаха
8. Болевая чувствительность
9. Восприятие цвета у животных
10. Молекулярный механизм вращательного движения жгутиков клетки (молекулярный мотор)
11. Регуляция сокращения миофибрилл. Роль ионов Ca^{2+}
12. Метаболизм липидов
13. Вещества-разобщители процессов окисления и фосфорилирования
14. Проблема образования свободных радикалов при работе дыхательной цепи
15. Изменение метаболизма при длительном голодании. Кетоновые тела
16. Цикл Кальвина – подробно
17. C4-фотосинтез

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 1 и 2 составляет по 15 баллов за каждую. Максимальная оценка за контрольную работу 3 составляет 20 баллов. Всего за три контрольные работы – 50 баллов.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка 15 баллов. Контрольная работа в виде теста содержит 25 вопросов, по 0,6 балла за вопрос.

Вопрос 1. Не является биогенным элементом:

1 – С, 2 – N, 3 – H, 4 – Cl.

Вопрос 2. К биополимерам относятся:

1 – белки, полисахариды, аминокислоты, 2 – белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, 3 – нуклеиновые кислоты, аминокислоты, сахара, 4 – полисахариды, жирные кислоты, витамины.

Вопрос 3. Жизненный цикл ретровируса включает:

1 – построение цепи ДНК, комплементарной вирусной РНК, 2 – удвоение вирусной РНК, 3 – транскрипцию вирусной ДНК в РНК, 4 – обратимое превращение РНК в ДНК.

Вопрос 4. Самая маленькая по размеру и молекулярной массе из перечисленных аминокислот:

1 – пролин, 2 – гистидин, 3 – глицин, 4 – фенилаланин.

Вопрос 5. Токсины бледной поганки являются:

1 – аминокислотами, 2 – пептидами, 3 – белками, 4 – антибиотиками.

Вопрос 6. В молекуле белка β -структура образуется за счет:

1 – ковалентных связей, 2 – гидрофобных связей, 3 – внутрицепочечных водородных связей, 4 – межцепочечных водородных связей.

Вопрос 7. Молекулы иммуноглобулинов состоят из:

1 – одной легкой и двух тяжелых полипептидных цепей, 2 – трех легких и двух тяжелых полипептидных цепей, 3 – двух легких и двух тяжелых полипептидных цепей, 4 – четырех тяжелых цепей и четырех порфириновых колец.

Вопрос 8. Каталитическое действие ферментов основано на снижении энергии активации реакции за счет:

1 – нековалентных взаимодействий, 2 – образования промежуточных фермент-субстратных комплексов, 3 – сдвига химического равновесия, 4 – снижения энергии Гиббса реакции.

Вопрос 9. При неконкурентном ингибировании фермента:

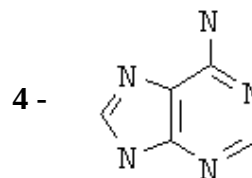
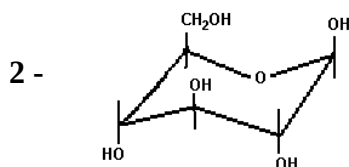
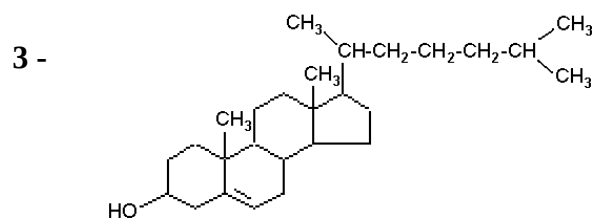
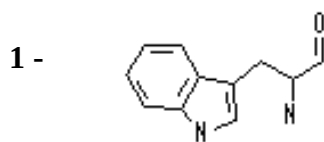
1 – ингибитор связывается с активным центром фермента, 2 – ингибитор связывается с субстратом, 3 – фермент, субстрат и ингибитор образуют прочный комплекс, 4 – ингибитор вызывает денатурацию фермента.

Вопрос 10. Функция пиридоксина в биохимических реакциях:

1 – перенос аминогрупп, 2 – перенос CH_3COO - групп, 3 – регуляция обмена кальция, 4 – перенос H^+ в окислительно-восстановительных реакциях.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка 15 баллов. Контрольная работа в виде теста содержит 25 вопросов, по 0,6 балла за вопрос.

Вопрос 1. Укажите формулу глюкозы:

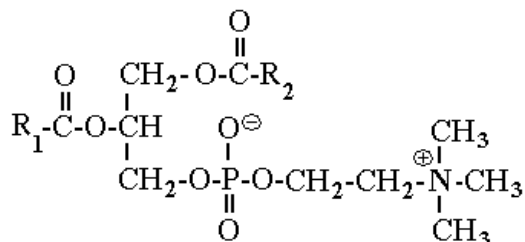


Вопрос 2. Кислота $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$ называется:

1 – олеиновая, 2 – пальмитиновая, 3 – уксусная, 4 – арахидоновая.

Вопрос 3. На рисунке приведена формула:

1 – фосфатидилхолина, 2 – сфингомиелина, 3 – мирицилпальмитата, 4 – холестерина.



Вопрос 4. Интегральные белки в составе биологических мембран:

1 – находятся на внешней поверхности, 2 – находятся на внутренней поверхности, 3 – могут пронизывать мембрану насквозь.

Вопрос 5. Работа Na^+/K^+ -АТФ-азы осуществляется за счет :

1 – энергии гидролиза АТФ, 2 – энергии разложения липидов бислоя, 3 – энергии разности потенциалов, 4 – градиента концентраций натрия.

Вопрос 6. У эукариот ядерная ДНК связана с:

1 – белково-углеводными комплексами, 2 – ферментами репликации, 3 – особыми белками – гистонами, 4 – особыми белково-углеводными комплексами.

Вопрос 7. В молекуле ДНК:

1 – сахарофосфатный остов располагается внутри двойной спирали, 2 – сахарофосфатный остов и азотистые основания располагаются по периферии двойной спирали, 3 – азотистые основания располагаются внутри двойной спирали, 4 – азотистые основания располагаются по периферии двойной спирали.

Вопрос 8. Для репликации ДНК необходимы:

1 – набор нуклеотидфосфатов (АТФ, ГТФ, ЦТФ, ТТФ) и ДНК-полимераза, 2 – набор нуклеотидфосфатов и ДНК-матрица, 3 – праймер, набор нуклеотидфосфатов и ДНК-полимераза, 4 – ДНК-полимераза, набор нуклеотидфосфатов, ДНК-матрица и праймер.

Вопрос 9. РНК-полимераза необходима для:

1 – синтеза двойной цепи ДНК, 2 – осуществления процесса транскрипции, 3 – осуществления процесса трансляции, 4 – осуществления процесса репликации.

Вопрос 10. В ходе трансляции информация считывается с:

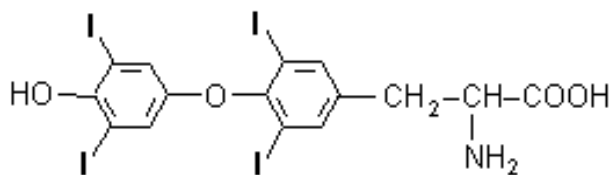
1 – двойной цепи ДНК, 2 – рибосомной РНК, 3 – транспортной РНК, 4 – матричной РНК.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа в виде теста содержит 25 вопросов, по 0,75 балла за вопрос.

Вопрос 1. При восприятии и передаче гормонального сигнала по мембрано-опосредованному механизму аденилатциклаза играет роль:

1 – рецептора, 2 – усилителя, 3 – преобразователя, 4 – ингибитора.

Вопрос 2. На рисунке приведена формула:



1 – альдостерона,

2 – кортизола;

3 – адреналина;

4 – тироксина.

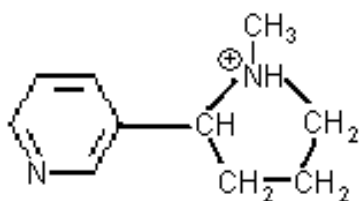
Вопрос 3. Тестостерон является:

1 – мужским половым гормоном, 2 – женским половым гормоном, 3 – гормоном коры надпочечников, 4 – гормоном желудочно-кишечного тракта.

Вопрос 3. В ходе передачи сигнала через синапс происходит:

1 – преобразование электрического сигнала в механический, а затем в химический, 2 – преобразование электрического сигнала в химический, а затем в механический, 3 – преобразование химического сигнала в электрический, 4 – преобразование электрического сигнала в химический, а затем опять в электрический.

Вопрос 4. На рисунке приведена формула:



1 – ацетилхолина,

2 – γ -аминомасляной кислоты,

3 – никотина,

4 – глутамина.

Вопрос 5. На молекулярном уровне восприятие светового сигнала происходит за счет:

1 – окисления ретинила, 2 – восстановления ретинила, 3 – цис- транс-изомеризации ретинила.

Вопрос 6. В отсутствии АТФ в мышечной клетке:

1 – головка миозина присоединена к актиновой нити, 2 – головка миозина присоединена к миозиновой нити, 3 – головка миозина отделена от актиновой нити, 4 – головка миозина отделена от миозиновой нити.

Вопрос 7. Процессы ферментативной деградации, в ходе которых крупные органические молекулы разрушаются до простых органических и неорганических соединений с одновременным выделением свободной энергии, называются:

1 – перевариванием, 2 – катаболическими путями, 3 – анаболическими путями, 4 – центральными путями обмена.

Вопрос 8. В ходе **первого этапа** гликолиза происходит:

1 – распад гексозы на две триозы и запасание энергии в виде АТФ, 2 – распад гексозы на две триозы и расход энергии в виде АТФ, 3 – распад гексозы до двух молекул молочной кислоты и запасание энергии, 4 – распад гексозы до углекислого газа и воды.

Вопрос 9. При окислительном фосфорилировании сопрягаются процессы:

1 – окисления глюкозы и фосфорилирования АДФ, 2 – окисления фосфоенолпирувата и образования АТФ, 3 – окисления глюкозы и фосфорилирования глицеральдегида, 4 – окисления НАДН или ФАДН₂ и образования АТФ.

Вопрос 10. В ходе **темновой** фазы фотосинтеза происходит:

1 – фотохимическое возбуждение хлорофилла, 2 – окислительное расщепление воды, 3 – синтез АТФ, 4 – синтез углеводов.

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 по каждому из разделов дисциплины.
1 вопрос – 12 баллов, вопрос 2 – 12 баллов, вопрос 3 – 16 баллов.

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

1. Объекты изучения биохимии. Связь биохимии и нанотехнологии. Биомиметика.
2. Взаимодействие вирусов с клеткой. Лизогенный и литический путь.
3. Структура аминокислот. Биологические функции аминокислот. Незаменимые аминокислоты.
4. Основы ферментативной кинетики. Уравнение Михаэлиса-Ментен.
5. Структурная и оптическая изомерия моносахаридов, линейные и циклические формы.
6. Стероиды, холестерин. Каротиноиды. Терпены.
7. Упаковка ДНК, наноструктура хроматина.
8. Транскрипция, работа РНК-полимеразы.
9. Молекулярные механизмы действия гормонов: мембрано-опосредованный и цитозольный механизм.
10. Строение и работа нервно-мышечного синапса, нейромедиаторы.
11. Строение мышечной клетки, миофибриллы. Наноструктура актина и миозина. Молекулярные механизмы мышечного сокращения.
12. Понятие метаболизма, катаболизм и анаболизм. Центральные пути обмена. Ключевые метаболиты – пируват и ацетилКоА.
13. Гликолиз, его стадии. Материальный и энергетический баланс гликолиза.
14. Механизм окислительного фосфорилирования
15. Фотосинтез, световая и темновая стадии. Материальный и энергетический баланс фотосинтеза.

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

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

«Утверждаю» <u>И.о. зав. кафедрой</u> НМНТ (Должность, название кафедры) <u>М.Ю. Королева</u> (Подпись) (И. О. Фамилия) « » 202_г.	<i>Министерство науки и высшего образования РФ</i>
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	<i>Кафедра наноматериалов и нанотехнологии</i>
	«Основы биохимии для материаловедения и технологии наноматериалов»
Билет № 1 1. Объекты изучения биохимии. Связь биохимии и нанотехнологии. Биомиметика. 2. Структурная и оптическая изомерия моносахаридов, линейные и циклические формы. 3. Молекулярные механизмы действия гормонов: мембрано-опосредованный и цитозольный механизм.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Н.М. Мурашова Биологические наноструктуры. (учебное пособие) М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010 – 152 с.
2. Н. Г. Луценко, С. В. Калёнов, А. В. Белодед Начала биохимии [Текст]: в 2 ч: Учебное пособие /. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. - ISBN 978-5-7237-0922-5. Ч.1: Курс лекций. - 2011. - 156 с.

Б. Дополнительная литература

1. В.П. Комов, В.Н. Шведова Биохимия. Учебник для академического бакалавриата. 4-е изд. М.: Юрайт, 2022 г.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Успехи химии», ISSN 0042-1308
2. Журнал «Биохимия», ISSN 0006-2979
3. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

4. Научная электронная библиотека www.sciencedirect.com.
5. База данных научных статей <http://elibrary.ru>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- набор тем докладов, общее число тем – более 50
- банк тестовых заданий для контрольных работ
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов»);

– Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;

– Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;

– Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;

– Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);

– Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);

– Положение об организации и использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf (дата обращения: 30.05.2023);

– Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf (дата обращения: 30.05.2023).

При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по дисциплине.

Дисциплина *«Основы биохимии для материаловедения и технологии наноматериалов»* включает 3 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого раздела рекомендуется регулярное повторение учебного материала, а также дополнение его сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. 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.

Теоретические основы материала разделов дисциплины излагаются на лекциях преподавателем. Практическое освоение учебного материала на семинарах проводится как в форме примеров, разбираемых преподавателем на семинарах, так и в форме подготовки докладов студентами по выбранным из списка темам. Делать доклады можно как в сопровождении компьютерных презентаций, так и без них. Продолжительность доклада – 5-10 мин.

Выполнение практических работ в первую очередь ориентировано на самостоятельную работу студента с информационными ресурсами – учебной, научно-технической, справочной и патентной литературой, ресурсами Интернета, базами данных. Доступ к указанным ресурсам обеспечивается фондами научно-технической библиотеки вуза и городских научно-технических библиотек, электронными библиотеками и поисковыми системами Интернета.

Совокупная оценка текущей работы студента бакалавриата в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 50 баллов) и за доклады (максимальная оценка 10 баллов). Максимальная оценка текущей работы в семестре составляет 60 баллов.

В соответствии с учебным планом изучение дисциплины завершается итоговым контролем в форме зачета с оценкой. Максимальная оценка на зачете составляет 40 баллов.

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина **«Основы биохимии для материаловедения и технологии наноматериалов»** изучается в 5 семестре бакалавриата.

При подготовке и проведении занятий преподаватель должен ориентироваться на то, что студенты, обучающиеся в бакалавриате, имеют общую подготовку по общенаучным, инженерным дисциплинам и основным профессиональным дисциплинам профиля, в объеме, предусмотренном учебным планом бакалавриата, а также опыт восприятия и конспектирования изучаемого материала. В связи с этим материал дисциплины должен опираться на полученные знания и быть ориентирован на их расширение и углубление в соответствии с современными теоретическими представлениями и технологическими новациями. Обучение студентов может быть организовано как в виде традиционных лекций и практических занятий, так и научной дискуссии, которая помогает приобрести навыки и умения обосновывать круг рассматриваемых вопросов, формулировать главные положения, определения и практические выводы из теоретических положений. На занятиях должна прослеживаться взаимосвязь рассматриваемых вопросов с ранее изученным материалом.

Основной задачей преподавателя, ведущего занятия по дисциплине **«Основы биохимии для материаловедения и технологии наноматериалов»**, является формирование у студентов компетенций в области наноматериалов и наноструктур биологического происхождения.

Необходимо уделить внимание формированию у студентов глубоких и систематических знаний в области биохимии, в том числе по основным классам биологических молекул, их строению и функциям; выработке системного подхода к пониманию функционирования биологических наноструктур в живой природе на примере энергетических процессов в клетке, процессов генерирования, восприятия и передачи сигналов и механического движения; формированию способности ориентироваться в научной литературе, посвященной медицинским и биологическим приложениям нанотехнологии и вести диалог и сотрудничество с представителями медицинских и биологических наук.

При проведении занятий преподаватель может рекомендовать студентам проработку дополнительной литературы по тематике занятия, организуя ее обсуждение на практических занятиях, формирует у студентов навык к самостоятельной работе с разнообразными литературными источниками.

Для более полной и глубокой проработки материала дисциплины, в том числе на конкретных примерах, предусмотрено проведение практических занятий как в форме примеров, разбираемых преподавателем на семинарах, так и в форме докладов обучающихся по выбранным из списка темам. Подготовка докладов направлена на повышение интереса к изучаемой дисциплине, она стимулирует обучающихся к самостоятельной творческой работе по изучаемой тематике. При проведении занятий преподаватель может рекомендовать студентам дополнительную литературу по тематике занятия. Желательно стимулировать студентов к самостоятельной работе с литературными источниками, задавая вопросы и организуя их обсуждение в аудитории.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. 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 01.01.2019 г составляет 1 708 372 экз. изданий.

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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Основы биохимии для материаловедения и технологии наноматериалов»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

13.1. 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.

13.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам курса.

13.3. 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.

13.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

Электронные образовательные ресурсы: учебно-методические разработки, размещенные на сайте кафедры наноматериалов и нанотехнологии (<http://nano.muctr.ru> дата обращения 15.11.2019), в том числе темы докладов по дисциплине «Биологические наноструктуры».

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
3.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	• Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath		версию продукта)		
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы	Знает:	Оценка за доклады.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
биохимии, цитологии и вирусологии	- строение, свойства и биологические функции основных классов биомолекул; - строение и работу наиболее важных биологических наноструктур; <i>Умеет:</i> - самостоятельно ориентироваться в литературе, посвященной медицинским и биологическим приложениям нанотехнологии; - вести диалог и сотрудничество с представителями медицинских и биологических наук; <i>Владеет:</i> - навыками анализа научно-технической литературы в области строения, свойств, функций и возможного применения наноструктур биологического происхождения; - способностью использовать на практике знания о строении и функционировании биологических наноструктур, в том числе при разработке новых наноматериалов.	Оценка за первую контрольную работу Оценка на зачете.
Раздел 2. Основные классы биологических молекул	<i>Знает:</i> - строение, свойства и биологические функции основных классов биомолекул; - строение и работу наиболее важных биологических наноструктур; <i>Умеет:</i> - самостоятельно ориентироваться в литературе, посвященной медицинским и биологическим приложениям нанотехнологии; - вести диалог и сотрудничество с представителями медицинских и биологических наук; <i>Владеет:</i> - навыками анализа научно-технической литературы в области строения, свойств, функций и возможного применения наноструктур биологического происхождения; - способностью использовать на практике знания о строении и функционировании биологических наноструктур, в том числе при разработке новых наноматериалов.	Оценка за доклады. Оценка за вторую контрольную работу Оценка на зачете.
Раздел 3. Молекулярные механизмы	<i>Знает:</i> - молекулярные механизмы восприятия, передачи и приема информации в живых	Оценка за доклады. Оценка за третью контрольную работу

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
функционирования биологических наноструктур	системах; - молекулярные механизмы получения и хранения энергии в живых системах; - молекулярные механизмы механического движения в живых системах; <i>Умеет:</i> - видеть перспективы возможных биологических, медицинских и экологических приложений нанотехнологии; - самостоятельно ориентироваться в литературе, посвященной медицинским и биологическим приложениям нанотехнологии; - вести диалог и сотрудничество с представителями медицинских и биологических наук; <i>Владеет:</i> - навыками анализа научно-технической литературы в области строения, свойств, функций и возможного применения наноструктур биологического происхождения; - способностью использовать на практике знания о строении и функционировании биологических наноструктур, в том числе при разработке новых наноматериалов.	Оценка на зачете.

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

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

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

– Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

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

**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
«ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ В АНАЛИЗЕ
НАНОМАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии
материалов»**

**Профиль «Материаловедение и технологии наноматериалов и
наносистем»**

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена старшим преподавателем кафедры наноматериалов и нанотехнологии А.И. Шарапаевым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

«14 » мая 2025 г., протокол № 11

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»**, рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к вариативной части учебного плана, к блоку дисциплин по выбору.

Цель дисциплины - приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области применения кристаллографического аппарата для выявления и задания связи между кристаллической структурой, организацией и характеристиками наноматериалов.

Задача дисциплины – формирование у обучающихся представлений о строении идеальных и реальных кристаллов, ознакомление с ролью представлений симметрии в химии и материаловедении, изучение основ кристаллографического формализма, изучение способов описания строения идеальных и реальных кристаллических структур с позиций теории симметрии, ознакомление с основными положениями теории кристаллогенезиса.

Дисциплина **«Основы кристаллографии в анализе наноматериалов»** преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Основы кристаллографии в анализе наноматериалов»** при подготовке бакалавров по направлению **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»** направлено на формирование следующих компетенций:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных	ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	ПК-4.1. Знает основные типы наноматериалов и наносистем и их свойства, способы их анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по

помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред;			измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные	ПК-5. Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработки новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической	ПК-5.1 Знает основные виды источников научно-технической документации в области наноструктурированных материалов, методы ее поиска и анализа ПК-5.2 Умеет анализировать научно-техническую документацию в области	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных

при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	покрытия; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности. - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем;	документации	наноструктурированные материалы и применять полученную информацию для разработки новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов	композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины обучающийся должен
знать:

- элементы точечной и пространственной симметрии, способы их представления и особенности взаимодействия;
- принципы индентирования узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки;
- типы пространственных решёток, способы построения графиков пространственных групп;
- механизмы роста кристаллов, включая нанокристаллы;
- связь облика кристаллов с их структурой и способы управления обликом кристаллов.

уметь:

- использовать обозначения пространственных и точечных групп симметрии, строить графики пространственных и точечных групп симметрии;
- анализировать возможности получения наночастиц различной формы, в зависимости от симметрии кристаллического строения материала наночастиц;
- задавать требования к условиям формирования наночастиц и наноматериалов, для обеспечения требуемых структурных и физических характеристик наноматериала;

владеть:

- навыками кристаллографического описания реальной структуры кристаллов;
- методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических наноматериалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр 6 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	108	3,0	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	1,33	48
Лекции	0,89	32	0,89	32
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	0,44	16
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-
Самостоятельная работа	1,67	60	1,67	60
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,2	1,67	0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8		59,8
Виды контроля:				
Зачет	+	+	+	+
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
Вид итогового контроля:			Зачет	

Вид учебной работы	Всего		Семестр 6 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	81	3,0	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	36	1,33	36
Лекции	0,89	24	0,89	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	12	0,44	12
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-
Самостоятельная работа	1,67	45	1,67	45

Контактная самостоятельная работа	1,67	0,15	1,67	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		44,85		44,85
Виды контроля:				
Зачет	+	+	+	+
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
Вид итогового контроля:			Зачет	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Раздел 1. Основы кристаллографического формализма	30	10	4	-	16
1.1	Основные понятия кристаллографии	4	2	-	-	2
1.2	Проецирование кристаллов	12	4	2	-	6
1.3	Элементы макросимметрии кристаллов	14	4	2	-	8
2.	Раздел 2. Макросимметрия нанокристаллов	36	10	6	-	20
2.1	Точечные группы симметрии	14	4	2	-	8
2.2	Кристаллографическое индизирование	8	2	2	-	4
2.3	Простые формы	14	4	2	-	8
3.	Раздел 3. Кристаллохимия наноматериалов	42	12	6	-	24
3.1	Элементы трансляционной симметрии	11	2	2	-	7
3.2	Пространственные группы симметрии	13	4	2	-	7
3.3	Основы кристаллохимии	8	3	-	-	5
3.4	Рост нанокристаллов	10	3	2	-	5
	ИТОГО	108	32	16	-	60

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основы кристаллографического формализма

Основные понятия кристаллографии. Предмет и задачи кристаллографии как науки, Субдисциплины кристаллографии и её связь с другими областями научного знания. История развития кристаллографии. Современное состояние, проблемы и перспективы развития кристаллографии и смежных дисциплин. Кристалл и его свойства. Значение и задачи кристаллографии в применении к наукам о наноматериалах и нанотехнологии.

Проецирование кристаллов. Виды проекций, используемые в кристаллографии, их построение. Преимущества и недостатки способов проецирования.

Элементы макросимметрии кристаллов. Поворотные оси. Ограничения на возможный порядок оси в кристалле. Зеркальные плоскости и центр инверсии. Обозначение элементов симметрии. Сложные оси симметрии. Осевая теорема Эйлера. Способы представления и особенности взаимодействия симметрических операций.

Раздел 2. Макросимметрия нанокристаллов

Точечные группы симметрии. Вывод точечных групп симметрии. Координатные системы в кристаллографии. Категории и сингонии кристаллов. Установка кристаллов.

Обозначение точечных групп симметрии в символикe Браве, Шэнфлиса и Германа-Могена.

Кристаллографическое индцирование. Индексы узлов, рёбер и 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. Понятие простых форм кристаллов. Простые формы в классах с единичным направлением. Простые формы в классах без единичных направлений. Связь симметрии внутреннего строения и формы нанокристаллов. Комбинационные многогранники.

Раздел 3. Кристаллохимия наноматериалов

Элементы трансляционной симметрии. Кристаллическая решётка и типы элементарных ячеек. Пространственные 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. Связь трансляционной симметрии с макросимметрией нанокристаллов. Особенности морфологии нанокристаллов различных пространственных групп.

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.

Рост нанокристаллов. 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. Методы выращивания кристаллов и особенности формирования нанокристаллов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	– элементы точечной и пространственной симметрии, способы их представления и особенности взаимодействия;	+	+	+
2	– принципы индцирования узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки;		+	
3	– типы пространственных решёток, способы построения графиков пространственных групп;			+
4	– механизмы роста кристаллов, включая нанокристаллы;			+
5	– связь облика кристаллов с их структурой и способы управления обликом кристаллов.		+	+
	Уметь:			
6	– использовать обозначения пространственных и точечных групп симметрии, строить графики пространственных и точечных групп симметрии;	+	+	+

7	– анализировать возможности получения наночастиц различной формы, в зависимости от симметрии кристаллического строения материала наночастиц;		+	+
8	– задавать требования к условиям формирования наночастиц и наноматериалов, для обеспечения требуемых структурных и физических характеристик наноматериала;			+
Владеть:				
9	– навыками кристаллографического описания реальной структуры кристаллов;	+	+	+
10	– методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических наноматериалов.	+	+	+
Код и наименование ПК				
11	ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	+	+	+
12	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 22.03.01 предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «*Основы кристаллографии в анализе наноматериалов*» в объеме 16 часов (0,44 зач. ед.). Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе.

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Проецирование кристаллов	2
2	1	Элементы макросимметрии кристаллов	2
3	2	Точечные группы симметрии	2
4	2	Кристаллографическое индентирование	2
5	2	Простые формы	2
6	3	Элементы трансляционной симметрии	2

7	3	Пространственные группы симметрии	2
8	3	Рост нанокристаллов	2

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине *Основы кристаллографии в анализе наноматериалов* не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины *«Основы кристаллографии в анализе наноматериалов»* предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 60 часов (1,67 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.
-

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 20 баллов.

Примерная тематика реферативно-аналитической работы №1:

1. Предмет и задачи кристаллографии как науки.
2. Субдисциплины кристаллографии и её связь с другими областями научного знания.
3. История развития кристаллографии.
4. Современное состояние, проблемы и перспективы развития кристаллографии и смежных дисциплин.
5. Кристалл и его свойства.
6. Значение и задачи кристаллографии в применении к наукам о наноматериалах и нанотехнологии.
7. Теория групп и физика;
8. Проявление принципа Кюри-Неймана в природе и минералогии;
9. Виды проекций, используемые в кристаллографии, их построение.
10. Элементы и операции симметрии. Обозначение элементов симметрии. Способы представления симметрических операций.
11. Взаимодействие элементов симметрии; осевая теорема Эйлера.
12. Обозначение точечных групп симметрии в символике Браве, Шэнфлиса и Германа-Могена.
13. Двумерные сетки;
14. Кристаллография и орнаментальное искусство;
15. Скалярные, векторные и тензорные свойства.

16. Связь оптических, электрических и магнитных свойств со структурой кристалла;
17. Связь механических свойств материала с типом его кристаллической решётки;
18. Оптические свойства кристаллов;
19. Пьезоэлектрический эффект;
20. Сегнетоэлектрический эффект;
21. Кристаллическая структура и магнетизм;
22. Основные свойства аморфных тел;
23. Проблемы современной кристаллографии;

Примерная тематика реферативно-аналитической работы №2:

1. Координатные системы в кристаллографии. Категории и сингонии кристаллов. Установка кристаллов.
2. Простые формы и комбинации простых форм.
3. Пространственная решётка, ячейки Браве.
4. Взаимодействие закрытых и открытых элементов симметрии.
5. Плотнейшие шаровые упаковки в кристаллах.
6. Изоструктурность, изотипия, гетеротипия.
7. Морфотропия, полиморфизм, политипия, изоморфизм.
8. Дефекты кристаллической структуры;
9. Методы исследования структуры кристаллов.
10. Дифракционные и спектроскопические методы в приложении к исследованию наноматериалов.
11. Форма нанокристаллов как следствие их кристаллической структуры;
12. Основные элементы роста кристаллов.
13. Кристаллогенезис минералов;
14. Причины и условия образования кристаллов.
15. Механизмы роста кристаллов. Факторы, влияющие на облик кристаллов.
16. Морфологические особенности реальных кристаллов: скульптура граней кристалла, формы роста кристаллов, сростки кристаллов, симметрия двойников.
17. Способы выращивания кристаллов и управления их внешним обликом в приложении к наноматериалам.
18. Выращивание кристаллов из водных растворов;
19. Гидротермальное выращивание кристаллов;
20. Кристаллизация из расплава, метод Киропулоса;
21. Выращивание кристаллов по методу Чохральского;
22. Выращивание кристаллов методом Вернейля
23. Кристаллография углеродных наноструктур.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Изучение материала каждого раздела дисциплины 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.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 4 балла за вопрос.

Вопрос 1.1.

1. В сферу с нанесённой сеткой сферических координат вписан октаэдр так, что одна его вершина совмещена с северным полюсом, а другая находится на нулевом меридиане. Определить сферические координаты вершин.

2. В сферу с нанесённой сеткой сферических координат вписан правильный восьмиугольник так, что одна его вершина совмещена с северным полюсом, а другая находится на нулевом меридиане. Определить сферические координаты вершин.

3. В сферу с нанесённой сеткой сферических координат вписана пятиугольная бипирамида так, что одна её вершина совмещена с северным полюсом, а другая находится на нулевом меридиане. Определить сферические координаты вершин.

4. В сферу с нанесённой сеткой сферических координат вписана правильная четырехугольная призма так, что двугранные углы между экваториальной плоскостью и боковыми гранями равны 90° , а одна из вершин лежит на нулевом меридиане имеет широту 80° . Определить сферические координаты вершин.

5. В сферу с нанесённой сеткой сферических координат вписан правильный шестиугольник так, что одна его вершина совмещена с северным полюсом, а другая находится на нулевом меридиане. Определить сферические координаты вершин.

Вопрос 1.2.

1. Определить элементы и операции симметрии молекулы *n*-ксилола. Атомами водорода пренебречь.
2. Определить элементы и операции симметрии молекулы *m*-ксилола. Атомами водорода пренебречь.
3. Определить элементы и операции симметрии молекулы бензола.
4. Определить элементы и операции симметрии молекулы терефталевой (1,4-бензолдикарбоновой) кислоты.
5. Определить элементы и операции симметрии молекулы *p*-аминобензойной кислоты. Ориентируйте функциональные группы так, чтобы симметрия была максимальной.

Вопрос 1.3.

1. Перечислить элементы симметрии тетраэдра.
2. Перечислить элементы симметрии октаэдра.
3. Перечислить элементы симметрии куба.
4. Перечислить элементы симметрии тригональной призмы.
5. Перечислить элементы симметрии тетрагональной призмы.

Вопрос 1.4.

1. Записать матрицу преобразования 3_y^{-1} в кристаллографической системе координат. Какие координаты получит точка с координатами x, y, z после действия преобразования?
2. Записать матрицу преобразования 2_y в кристаллографической системе координат. Какие координаты получит точка с координатами x, y, z после действия преобразования?
3. Записать матрицу преобразования m_z в кристаллографической системе координат. Какие координаты получит точка с координатами x, y, z после действия преобразования?
4. Записать матрицу преобразования 2_z в кристаллографической системе координат. Какие координаты получит точка с координатами x, y, z после действия преобразования?
5. Записать матрицу преобразования 4_x^{-1} в кристаллографической системе координат. Какие координаты получит точка с координатами x, y, z после действия преобразования?

Вопрос 1.5.

1. Какую симметрическую операцию отражает следующая матрица преобразования координатной системы (показать на схеме)?

$$\begin{pmatrix} \bar{1} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \bar{1} \end{pmatrix}$$

2. Какую симметрическую операцию отражает следующая матрица преобразования координатной системы (показать на схеме)?

$$\begin{pmatrix} 0 & \bar{1} & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

3. Какую симметрическую операцию отражает следующая матрица преобразования координатной системы (показать на схеме)?

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & \bar{1} \\ \bar{1} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

4. Какую симметрическую операцию отражает следующая матрица преобразования координатной системы (показать на схеме)?

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & \bar{1} \\ \bar{1} & 0 & 0 \\ 0 & \bar{1} & 0 \end{pmatrix}$$

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 4 балла за вопрос.

Вопрос 2.1.

1. Добавить операцию симметрии к $\{e, m, 3^1, 3^{-1}, \bar{6}^{-1} \dots\}$ так, чтобы получилась группа.
2. Добавить операцию симметрии к $\{3^1, 3^{-1} \dots\}$ так, чтобы получилась группа.
3. Добавить операцию симметрии к $\{e, 2, 3^1, 3^{-1}, 6^{-1} \dots\}$ так, чтобы получилась группа.
4. Добавить операцию симметрии к $\{e, 4^1, 4^{-1}, \dots\}$ так, чтобы получилась группа.
5. Добавить операцию симметрии к $\{e, 2_z, m_z, \dots\}$ так, чтобы получилась группа.

Вопрос 2.2.

1. Вывести точечные группы симметрии, записать их символы, взяв в качестве генератора повороты вокруг двух осей второго порядка, пересекающихся под углом 15° .
2. Вывести точечные группы симметрии, записать их символы, взяв в качестве генератора повороты вокруг двух осей второго порядка, пересекающихся под углом 20° .
3. Вывести точечные группы симметрии, записать их символы, взяв в качестве генератора повороты вокруг двух осей второго порядка, пересекающихся под углом 10° .
4. Вывести точечные группы симметрии, записать их символы, взяв в качестве генератора повороты вокруг двух осей второго порядка, пересекающихся под углом 18° .
5. Вывести точечные группы симметрии, записать их символы, взяв в качестве генератора отражение в зеркальных, пересекающихся под углом 30° .

Вопрос 2.3.

1. Задан узловой ряд $[310]$. Записать индексы нескольких узлов, лежащих на параллельном узловом ряду, проходящем через узел $[[100]]$.
2. Найти индексы узлового ряда, проходящего через узлы $[[251]]$ и $[[031]]$.
3. Найти индексы узлов кристаллической решётки, лежащих в плоскости (110) , проходящей через начало координат.
4. Найти индексы плоскости, проходящей через узлы $[[011]]$, $[[320]]$, $[[302]]$.
5. Найти индексы узлового ряда, проходящего через узлы $[[231]]$ и $[[0\bar{1}1]]$.

Вопрос 2.4.

1. Вывести общую простую форму в группе C_i .
2. Вывести общую простую форму в группе C_3 .
3. Вывести общую простую форму в группе C_{4v} .
4. Вывести общую простую форму в группе D_{2h} .

5. Вывести общую простую форму в группе D_{2d} .

Вопрос 2.5.

1. Определите симметрию многогранника, образованного комбинацией ромбической призмы, диэдра и моноэдра. Наночастицы каких материалов могут иметь такую форму?

2. Определите симметрию многогранника, образованного комбинацией ромбической призмы и ромбического тетраэдра. Наночастицы каких материалов могут иметь такую форму?

3. Определите симметрию многогранника, образованного комбинацией дитетрагональной призмы, двух дитетрагональных пирамид и моноэдра. Наночастицы каких материалов могут иметь такую форму?

4. Определите симметрию многогранника, образованного комбинацией дитетрагональной призмы и тетрагонального тетраэдра. Наночастицы каких материалов могут иметь такую форму?

5. Определите симметрию многогранника, образованного комбинацией тригональной призмы и ромбоэдра. Наночастицы каких материалов могут иметь такую форму?

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 5 вопросов, по 4 балла за вопрос.

Вопрос 3.1.

1. Покажите, что наличие оси третьего порядка в чистом виде возможно лишь в дваждыобъемноцентрированной гексагональной ячейке.

2. Покажите, что одновременное центрирование двух пар граней приводит к центрированию третьей пары граней.

3. Покажите, что бокоцентрированные ячейки в кристаллах тригональной сингонии могут быть приведены к примитивным ячейкам с иной ориентацией осей.

4. Покажите, что базоцентрированные ячейки в кристаллах тетрагональной сингонии могут быть приведены к примитивной ячейке с иной ориентацией осей.

5. Покажите, что гранецентрированные ячейки в кристаллах тетрагональной сингонии могут быть приведены к объемноцентрированным ячейкам с иной ориентацией осей.

Вопрос 3.2.

1. Дополните символ пространственной группы пропущенными элементами симметрии: $P \frac{2_1 2_1 2_1}{? c m}$.

2. Дополните символ пространственной группы пропущенными элементами симметрии: $P \frac{2_1 2_1 2}{b ? m}$.

3. Дополните символ пространственной группы пропущенными элементами симметрии: $P4_2 n ?$.

4. Дополните символ пространственной группы пропущенными элементами симметрии: $P6_3 ? c$.

5. Дополните символ пространственной группы пропущенными элементами симметрии: $P \frac{2_1 2_1 2_1}{m ? a}$.

Вопрос 3.3.

1. Нарисуйте график пространственной группы $Aba2$.

2. Нарисуйте график пространственной группы $P6$.

3. Нарисуйте график пространственной группы $P31m$.

4. Нарисуйте график пространственной группы $P321$.

5. Нарисуйте график пространственной группы **14**.

Вопрос 3.4.

1. В структуре соединения с формулой AX_3 координационное число атомов А равно трём. Определите геометрический характер структуры. Что можно сказать о типе химической связи?

2. Координационное число атомов структуре простого вещества равно 1. Сделайте вывод о геометрическом характере структуры и типах реализованной в ней химической связи.

3. Координационное число атомов структуре простого вещества равно 3. Сделайте вывод о геометрическом характере структуры и типах реализованной в ней химической связи.

4. Координационное число атомов структуре простого вещества равно 2. Сделайте вывод о геометрическом характере структуры и типах реализованной в ней химической связи.

5. Координационное число атомов структуре простого вещества равно 12, а координационный многогранник - кубооктаэдр. Сделайте вывод о геометрическом характере структуры и типах реализованной в ней химической связи.

Вопрос 3.5.

1. Какие условия необходимо создать при получении нанокристаллов дигидрофосфата калия (точечная группа симметрии D_{2d}) для получения максимально изометричных частиц?

2. Какие условия необходимо создать при получении нанокристаллов ZnS , (точечная группа T_d) для получения одноосных наночастиц?

3. Какие условия необходимо создать при получении нанокристаллов магнетита (точечная группа O_h) для получения наночастиц кубической формы?

4. Какие условия необходимо создать при получении нанокристаллов магнетита (точечная группа O_h) для получения наночастиц октаэдрической формы?

5. Возможно ли создание условий, обеспечивающих получение нанокристаллов магнетита (точечная группа O_h) гексагонально-призматической формы?

Полный перечень 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. Минералогия и кристаллография. Практические вопросы для аудиторных занятий и самостоятельной подготовки [Текст] : учебно-методическое пособие / сост. О. П. Барина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. - 58 с. : ил. ; 3,49 усл.печ.л. - Библиогр.: с. 57.

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. Косенко, Н.Ф. Кристаллография и кристаллохимия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Ф. Косенко. — Электрон. дан. — Иваново : ИГХТУ, 2017. — 240 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107401>.

2. Ильин, А. П. Химия твердого тела : учебное пособие / А. П. Ильин, Н. Е. Гордина. — Иваново : ИГХТУ, 2006. — 216 с. — ISBN 5-9616-0126-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4486> (дата обращения: 22.04.2023).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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
6. Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com, www.scopus.com.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- набор тем реферативно-аналитической работы, общее число тем – более 60;
- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов»);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
- Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;

– Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;

– Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);

– Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);

– Положение об организации и использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДТОТ.pdf (дата обращения: 30.05.2023);

– Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf (дата обращения: 30.05.2023).

При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по дисциплине.

Дисциплина **«Основы кристаллографии в анализе наноматериалов»** включает 3 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого раздела рекомендуется регулярное повторение законспектированного лекционного материала, а также дополнение его демонстрационными фильмами, а также сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. 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 контрольных работ составляет по 20 баллов каждая.

Совокупная оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ. Максимальная оценка текущей работы в семестре составляет 60 баллов.

Общая оценка результатов освоения дисциплины складывается из числа баллов, набранных в семестре (контрольные работы), и баллов за выполнение реферативно-аналитических работ. Максимальная общая оценка по дисциплине составляет 100 баллов.

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Основной задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине **«Основы кристаллографии в анализе наноматериалов»**, является выработка у обучающихся понимания необходимости знания предмета для их дальнейшей работы в области создания и производства новых кристаллических наноматериалов.

На первом вводном занятии при рассмотрении истории и потенциала развития кристаллографии, преподавателю необходимо уделить внимание следующим вопросам:

- роли кристаллических материалов в материаловедении и хозяйственной деятельности человека;
- различию структуры кристалла и аппарата, используемого для её описания;
- значению кристаллографии в применении к наукам о наноматериалах и нанотехнологии;
- возможностям и потенциалу использования симметричного подхода для описания физических и геометрических особенностей реального мира.

В разделе «Основы кристаллографического формализма» рекомендуется рассмотреть способы проецирования кристаллов и групп симметрии, методы представления симметрических операций. Следует подробно рассмотреть вопросы взаимодействия симметрических операций и осуществить вывод точечных групп симметрии. Особенное внимание следует уделить хорошему усвоению обучающимися

обозначения операций, элементов и точечных групп симметрии в символике Браве, Шенфлиса и Германа-Могена (международной). Также следует остановиться на различии координатных систем, используемых для кристаллов различных сингоний.

В разделе «Макросимметрия нанокристаллов» следует уделить внимание различию индексов узлов, направлений и плоскостей кристалла, способам их определения и задания. Необходимо провести тщательный вывод простых форм кристаллов и дать обучающимся ясное понимание взаимодействию граней и элементов симметрии. Кроме того, следует показать возможности реализации простых форм в реальных кристаллах, а также способы влияния на развитие тех или иных простых форм в облике кристалла.

В разделе «Кристаллохимия наноматериалов» необходимо показать взаимодействие открытых и закрытых элементов симметрии, уделить тщательное внимание построению пространственных групп симметрии, их обозначениям, а также вырождению пространственных групп в точечные при переходе к рассмотрению макросимметрии. Необходимо четко указать на связь оптических, электрических и магнитных свойств со структурой кристалла и возможности управления данными свойствами. Особенное внимание следует уделить использованию дифракционных методов для исследования наноматериалов.

С целью более эффективного усвоения обучающимися материала данной дисциплины при проведении практических занятий рекомендуется использовать мультимедийные презентации, графики и таблицы, иллюстрирующие изучаемый материал, демонстрационные фильмы.

Для более глубокого изучения предмета в рамках самостоятельной работы преподаватель может рекомендовать обучающимся ознакомление с публикациями в периодических журналах и Интернет-ресурсах и посещение выставок строительных материалов.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. 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 22.05.2019 составляет 1 708 372 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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Основы кристаллографии в анализе наноматериалов»* проводятся в форме 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.

13.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям; иллюстрации моделей кристаллических структур и макетов закрытых простых форм.

13.3. 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.

13.4. 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.

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
3.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	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 (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams		обновлённую версию продукта)		
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы кристаллографического формализма	Знает: – элементы точечной и пространственной симметрии, способы их представления и особенности взаимодействия; Умеет: – ☐ использовать обозначения пространственных и точечных групп симметрии, строить графики пространственных и точечных групп симметрии; Владеет: – навыками кристаллографического описания реальной структуры кристаллов; – методологическими подходами и	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за реферативно-аналитическую работу №1.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических наноматериалов.	
Раздел 2. Макросимметрия нанокристаллов	Знает: – элементы точечной и пространственной симметрии, способы их представления и особенности взаимодействия; – принципы индентирования узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки; – связь облика кристаллов с их структурой и способы управления обликом кристаллов; Умеет: – использовать обозначения пространственных и точечных групп симметрии, строить графики пространственных и точечных групп симметрии. – анализировать возможности получения наночастиц различной формы, в зависимости от симметрии кристаллического строения материала наночастиц; Владет: – навыками кристаллографического описания реальной структуры кристаллов; – методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических наноматериалов.	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за реферативно-аналитическую работу №2.
Раздел 3. Кристаллохимия наноматериалов	Знает: – элементы точечной и пространственной симметрии, способы их представления и особенности взаимодействия; – типы пространственных решёток, способы построения графиков пространственных групп; – механизмы роста кристаллов, включая нанокристаллы; – связь облика кристаллов с их структурой и способы управления обликом кристаллов; Уметь: – использовать обозначения пространственных и точечных групп симметрии, строить графики	Оценка за контрольную работу № 3. Оценка за реферативно-аналитическую работу №2.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	пространственных и точечных групп симметрии; – анализировать возможности получения наночастиц различной формы, в зависимости от симметрии кристаллического строения материала наночастиц; – задавать требования к условиям формирования наночастиц и наноматериалов, для обеспечения требуемых структурных и физических характеристик наноматериала; Владеет: – навыками кристаллографического описания реальной структуры кристаллов; – методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических наноматериалов.	

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

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

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

- Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

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

**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

«Основы научных исследований»

Направление подготовки

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки

«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена д.ф.-м.н, Зав. кафедрой наноматериалов и нанотехнологии, доцентом Родиным А.О.

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 – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 Материаловедение и технологии материалов** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **наноматериалов и нанотехнологии** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Основы научных исследований»** относится к обязательным дисциплинам обязательной части учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют базовую подготовку по фундаментальным дисциплинам химической и химико-технологической направленности.

Цель дисциплины – приобретение студентами знаний в области наук о материалах, в том числе связанных с общими вопросами научных знаний и научных исследований, целями и задачами исследований, их структурой и особенностями, результатами научных исследований разного типа..

Задачи дисциплины – формирование у обучающихся знаний и умений, связанных с оценками необходимости проведения исследовательских работ, построения алгоритмов исследований, обеспечение достаточной надежности результатов исследований в области в том числе в области материаловедения, нанотехнологии и наноматериалов.

Дисциплина **«Основы научных исследований»** преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Применение фундаментальных знаний в профессиональной деятельности	ОПК-4 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования	– ОПК-4.1 Применяет средства современных информационных технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации – ОПК-4.2 Использует современные информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности
Эффективность и безопасность технических	ОПК-5 Способен принимать обоснованные технические решения в	- ОПК-5.1 Принимает участие в обосновании технических решений в профессиональной деятельности

решений	профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	– ОПК-5.2 Выбирает эффективные и безопасные технические средства и технологии технических решений в профессиональной деятельности

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основные типы научных исследований, особенности формулирования целей и задач исследований;

- подходы к выбору эффективных способов достижения целей и решения задач исследований;

- подходы к обработке результатов исследований;

Уметь:

- оценивать эффективность выбора методов исследований;

– проводить оценку точности и надежности получаемых результатов;

Владеть:

- методами обработки получаемых данных и представления результатов

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч
Общая трудоемкость дисциплины	2,00	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки	0,11	12	9
Лекции	0,89	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	32	24
в том числе в форме практической подготовки	0,11	12	9
Самостоятельная работа	1,67	24	18
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,0	0,0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		24	18
Вид контроля:	Зачёт		

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
1.	Раздел 1. Введение. Понятие научных исследований	12	0	4	4	0	4
1.1	Введение. История понятия. Современная классификация.	6	0	2	2	0	2
1.2	Научно-исследовательская работа	6	0	2	2	0	2
1.3	Раздел 2. анализ данных и обработка результатов	60	8	12	28	8	20
1.4	общее представленные о данных. Данные как результат исследований	6	0	2	4		
2.	прямые измерения. Данные, как результат прямых измерений.	8	2	2	4	2	2
2.1	Косвенные измерения. Ошибка косвенных измерений	10	2	2	4	2	4
2.2	Сравнение результатов. Различимость и неразличимость данных	10	2	2	4	2	4
2.3	Корреляционный анализ. Выводы из корреляций	10	0	2	4	0	4
2.4	Регрессионный анализ. Выводы из регрессий	8	2	2	4	2	2
2.5	заключение и выводы по полученным данным. Результаты исследований	8	0	0	4	0	4
2.6	ИТОГО	72	8	16	32	8	24

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение. Понятие научных исследований

1.1. Введение. История понятия. Современная классификация.

Научные исследования. Наблюдение и эксперимент. Цели и задачи исследований. Фундаментальные и прикладные исследования. Разработка материалов и технологий. Уровни развития технологий. Понятие новизны.

1.2. Научно-исследовательская работа

Научно исследовательские, опытно-конструкторские и опытно-технологические работы. Внедрение результатов.

Раздел 2. Анализ данных и обработка результатов исследований

2.1. Общее представление о данных. Данные как результат исследований

Данные и массивы данных. Формы представление данных. Компактность представления.

2.2. Прямые измерения. Данные, как результат прямых измерений.

Понятие прямых и косвенных измерений. Основные виды ошибок при прямых измерениях. Обработка результатов прямых измерений. Экспериментальное получение данных методом прямых измерений.

2.3. Косвенные измерения. Ошибка косвенных измерений.

Косвенные измерения. Ошибки косвенных измерений. Обработка результатов косвенных измерений. Экспериментальное получение данных методом косвенных измерений.

2.4. Сравнение результатов. Различимость и неразличимость данных

Интерпретация результатов измерений. Различимость данных. Представление о зависимостях.

2.5. Корреляционный анализ. Выводы из корреляций

Представление о корреляции величин. Выявление корреляций и возможность использования корреляций в научных исследованиях.

2.6. Регрессионный анализ. Выводы из регрессий

Понятие регрессии. Выбор удобных представлений. Параметры регрессионных зависимостей. Ошибки при использовании уравнений.

2.7. Заключение и выводы по полученным данным. Результаты исследований

Формулирование заключений и выводов исследований. Достоверность выводов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
	Знать:		
1	– основные типы научных исследований, особенности формулирования целей и задач исследований	+	+
2	– подходы к выбору эффективных способов достижения целей и решения задач исследований;;	+	+
3	– подходы к обработке результатов исследований;	-	+
	Уметь:		
4	– оценивать эффективность выбора методов исследований;	-	+
5	– проводить оценку точности и надежности получаемых результатов	-	+
	Владеть:		
6	– методами обработки получаемых данных и представления результатов;	-	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:			
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	
7	– ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	– ОПК-4.1 Применяет средства современных информационных технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации – ОПК-4.2 Использует современные информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности	+
8	– ОПК-5 Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	- ОПК-5.1 Принимает участие в обосновании технических решений в профессиональной деятельности – ОПК-5.2 Выбирает эффективные и безопасные технические средства и технологии технических решений в профессиональной деятельности	+
			+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Современная классификация научных исследований.	2
2	Раздел 1	Уровни готовности технологий	2
3	Раздел 2	Понятие данных. Массивы данных. Способы представления данных.	2
4	Раздел 2	Основные характеристики массивов данных. Распределения.	2
5	Раздел 2	Характеристики распределений. Моменты.	2
6	Раздел 2	Прямые измерения. Обработка результатов прямых измерений.	2
7	Раздел 2	Определение плотности как результат прямых измерений (практическое). Обработка результатов.	2
8	Раздел 2	Обработка результатов определения плотности как результат прямых измерений (практическое).	2
9	Раздел 2	Косвенные измерения. Обработка результатов косвенных измерений.	2
10	Раздел 2	Определение плотности как результат косвенных измерений (практическое). Обработка результатов.	2
11	Раздел 2	Обработка результатов определения плотности как результат косвенных измерений.	2
12	Раздел 2	Сложные распределения. Определение размеров частиц. Моно- и би- модальные распределения.	4
13			
14	Раздел 2	Корреляции. Расчет параметров корреляции.	2
15	Раздел 2	Регрессии. Параметры регрессии. Метод наименьших квадратов как способ определения параметров регрессии. Расчет ошибок коэффициентов.	2
16	Раздел 2	Формулировка заключений и выводов научных исследований.	2

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Основы научных исследований*» не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- поиск материалов по теме;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами и электронными базами данных;
- Обработку результатов экспериментов.

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 подготовку эссе (10 баллов), выполнение работ по получению первичных данных (максимальная оценка 50 баллов), обработку результатов экспериментов (максимальная оценка 40 баллов). Зачет проставляется по факту выполнения работы в семестре при получении более 70 баллов.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Текущий контроль освоения материала проводится в форме:

Подготовке эссе.

Анализ результатов измерений по трем видам измерений (2 обязательных).

Анализ обработки результатов измерений.

Решение задач по темам корреляционный и регрессионный анализ.

Примерные темы для эссе.

Раздел 1.

1. НИР, НИОКР и НИОТР по перспективным направлениям материаловедения и технологии материалов

2. Оценка уровня технологической готовности разработки.

8.2. Примеры контрольных вопросов (проверка) для текущего контроля освоения дисциплины

Расчет средней величины, дисперсии, ошибки прямых измерений.

Расчет ошибки косвенных измерений.

Значимость расхождения результатов.

Расчет параметров регрессии и точность определения параметров регрессии

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 «*Основы научных исследований*» не предусмотрен учебным планом. Зачёт проставляется на основе работ, выполненных в семестре при условии, что выполнено более 70 % предложенных заданий, на уровне не менее 75% (возможно наличие недочетов).

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Румшиский Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента: справ. руководство М.: Наука, 1971

2. Карасев В.А., Михайлова И. Ю., Румшицкий Л.З. Троицкая С.Д. Организация эксперимента: Учеб. пособие для практ. занятий: Учеба, 1998

Б. Дополнительная литература

Мельниченко А.С. Математическая статистика и анализ данных: учеб. пособие
Электронная библиотека М.: МИСиС, 2018

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. База данных Роспатента www.fips.ru
2. База данных научных статей <http://elibrary.ru>
3. База данных научных статей <http://sciencedirect.com>
- 4.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

Для реализации данной дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения:

- компьютерные презентации к лекционным занятиям, общее число слайдов – более 400;
- раздаточный материал по лекциям
- набор тем докладов на семинарах, общее число тем – более 60
- банк тестовых заданий для контрольных работ
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – не менее 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 *«Основы научных исследований»* 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.

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	Контракт № 28-35ЭА/2020 от	-	12 месяцев с возможностью

	В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	26.05.2020		продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование Разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Введение. Понятие научных исследований	<i>Знает:</i> - основные типы научных исследований, особенности формулирования целей и задач исследований; <i>Умеет:</i> - оценивать эффективность выбора методов исследований;	Оценка за эссе
Раздел 2. Анализ данных и обработка результатов исследований	<i>Знает:</i> - подходы к выбору эффективных способов достижения целей и решения задач исследований; - подходы к обработке результатов исследований; - имеющиеся на сегодняшний день и возможные в будущем области применения различных видов наносистем и наноматериалов <i>Умеет:</i> - проводить оценку точности и надежности получаемых результатов; <i>Владеет:</i> - методами обработки получаемых данных и представления результатов;	Оценка за: Анализ результатов прямых и косвенных измерений. Обработка результатов измерений. Решение задач по темам корреляционный и регрессионный анализ

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).

**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 И НАНОМАТЕРИАЛОВ В ЖИДКИХ СРЕДАХ»**

**Направление подготовки
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**

**Профиль подготовки
«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»**

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена д.х.н., профессором кафедры наноматериалов и нанотехнологии
М.Ю. Королевой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

«14 » мая 2025 г., протокол № 11.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС ВО) для направления подготовки бакалавров 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, бакалаврской программе «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем», рекомендациями методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах» относится к вариативной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической и коллоидной химии, процессов и аппаратов химической технологии.

Цель дисциплины - приобретение обучающимися знаний и компетенций в области получения наночастиц и наноматериалов в жидких средах.

Задача 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 способности анализировать и критически оценивать получаемые результаты.

Дисциплина «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах» преподается в 8 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах» при подготовке бакалавров по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», профиль подготовки - «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем» направлено на приобретение следующих компетенций:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработки новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	ПК-5.1. Знает основные виды источников научно-технической документации в области наноструктурированных материалов, методы ее поиска и анализа. ПК-5.2 Умеет анализировать научно-техническую документацию в области наноструктурированных материалов и применять полученную информацию для разработки новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов ПК-5.3 Владеет методами разработки	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)

анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	безопасности жизнедеятельности. - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем;		новых совершенствования и действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноструктурированных материалов и составления научно-технической документации в области наноматериалов и наносистем	Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта
– участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных	- все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных	ПК-6 Способен эксплуатировать технологическое и аналитическое оборудование, предназначенное для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов, в	ПК-6.1. Знает нормы техники безопасности и требования экологии при эксплуатации технологического и аналитического оборудования, предназначенного для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия

характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; – участие в производстве наноматериалов и наносистем с заданными технологическими и функциональными свойствами, проектировании высокотехнологичных процессов в составе первичного проектно-технологического или исследовательского подразделения; контроль качества выпускаемой продукции.	данных, моделирования процессов синтеза и физико-химических свойств наноматериалов; - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и жизнедеятельности.	соответствии с нормами техники безопасности и требованиями экологии	наноструктурированных материалов ПК-6.2. Умеет применять на практике нормы и правила техники безопасности при эксплуатации технологического и аналитического оборудования, предназначенного для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов. ПК-6.3. Владеет навыками безопасной эксплуатации технологического и аналитического оборудования, предназначенного для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов.	сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- теоретические основы процессов кристаллизации в жидких средах, основные факторы, влияющие на размер и скорость образования центров кристаллизации, скорость роста наночастиц;
- закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах;
- особенности химических, физических и биологических процессов синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах;
- закономерности, позволяющие прогнозировать размер и морфологию наночастиц при использовании жидкофазных методов синтеза.

Уметь:

- выбирать способ синтеза для получения наночастиц требуемого размера и формы;
- находить и использовать литературные источники, необходимые для получения наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава;
- применять теоретические и практические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения некоторых исследовательских и прикладных задач.

Владеть:

- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах;
- основными методами синтеза в жидких средах наночастиц и наноматериалов различной дисперсности и природы.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
			8 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4,0	144	4,0	144
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	1,78	64
Лекции	0,44	16	0,44	16
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	0,45	16
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	0,89	32
Самостоятельная работа	2,22	80	2,22	80
Контактная самостоятельная работа	2,22	0,2	2,22	0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,8		79,8
Виды контроля:				
Зачет с оценкой	+	+	+	+
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
Вид итогового контроля:			Зачет с оценкой	

Вид учебной работы	Всего		Семестр 8 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4,0	108	4,0	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	48	1,78	48
Лекции	0,44	12	0,44	12
Практические занятия (ПЗ)	0,45	12	0,45	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	24	0,89	24
Самостоятельная работа	2,22	60	2,22	60

Контактная самостоятельная работа	2,22	0,15	2,22	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,85		59,85
Виды контроля:				
Зачет	+	+	+	+
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
Вид итогового контроля:			Зачет с оценкой	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1.	Раздел 1. Введение в синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах	20	4	4	0	12
1.1	Основы кристаллизации в жидких средах. Конденсационные процессы.	6	1	1	-	4
1.2	Гомогенное зародышеобразование, термодинамика и кинетика	6	1	1	-	4
1.3	Основные факторы, влияющие на скорость роста наночастиц	8	2	2	-	4
2.	Раздел 2. Синтез наночастиц методами контролируемого осаждения	58	6	6	16	30
2.1	Синтез наночастиц золота и серебра	22	2	2	8	10
2.2	Синтез полупроводниковых наночастиц	20	1	1	8	10
2.3	Синтез магнитных наночастиц	6	1	1	-	4
2.4	Синтез наночастиц со структурой ядро-оболочка	10	2	2	-	6
3.	Раздел 3. Комплексные методы синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах	66	14	14	0	38
3.1	Основы золь-гель метода получения наноматериалов	10	2	2	-	6
3.2	Сольво- и гидротермальный синтез наноматериалов	10	2	2	-	6
3.3	Синтез наночастиц при микроволновом и ультразвуковом воздействии	10	2	2	-	6
3.4	Криохимический метод синтеза наночастиц	8	2	2	-	4
3.5	Электрохимические методы получения наноматериалов	8	2	2	-	4
3.6	Матричный синтез наночастиц	8	2	2	-	4
3.7	Биологические методы синтеза наночастиц и наноматериалов	6	1	1	-	4
3.8	Самоорганизация наночастиц	6	1	1	-	4
	ИТОГО	144	24	24	16	80
	Экзамен (если предусмотрен УП)	-	-	-	-	-

	ИТОГО	144	24	24	16	80

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение в синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах

- 1.1. Основы кристаллизации в жидких средах. Конденсационные процессы.
- 1.2. Стадии процесса кристаллизации - образование центров нуклеации, рост наночастиц. Термодинамика и кинетика гомогенной нуклеации. Критический зародыш; факторы, влияющие на размер критического зародыша.
- 1.3. Основные факторы, влияющие на скорость роста наночастиц. Способы замедления роста с целью получения наночастиц контролируемого размера. Кристаллизация при пересыщении и переохлаждении. Способы кристаллизации.а

Раздел 2. Синтез наночастиц методами контролируемого осаждения

- 2.1. Синтез наночастиц благородных металлов. Методы Туркевича и Браста. Синтез наностержней золота и серебра. Синтез на зародышах кристаллизации, влияние ПАВ. Механизм роста наностержней металлов в жидких средах.
- 2.2. Синтез магнитных наночастиц. Получение магнитных жидкостей.
- 2.3. Синтез полупроводниковых наночастиц методом контролируемого осаждения. Метод молекулярных прекурсоров. Основные факторы, влияющие на размер и скорость синтеза наночастиц полупроводников методом молекулярных прекурсоров.
- 2.4. Основы синтеза наночастиц, состоящих из сплава металлов, со структурой ядро-оболочка, многослойных структур.

Раздел 3. Комплексные методы синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах

- 3.1. Основы золь-гель метода. Гидролиз и поликонденсация в щелочной и кислой среде. Гелеобразование и синерезис. Удаление растворителя - образование ксерогелей и аэрогелей.
- 3.2. Синтез наночастиц в сверхкритических жидкостях. Сверхкритическая жидкость, как растворитель. Разновидности сольвотермального и гидротермального синтеза наноматериалов.
- 3.3. Синтез наночастиц при микроволновом и ультразвуковом воздействии. Механизм синтеза.
- 3.4. Криохимический метод синтеза наночастиц. Хладоагенты. Способы удаления растворителя.
- 3.5. Электрохимические методы получения наноматериалов. Катодные и анодные процессы синтеза наноматериалов. Получение наноструктурированных покрытий. Образование нанопористых материалов.
- 3.6. Матричный синтез наночастиц. Синтез наночастиц в мицеллах и микроэмульсиях. Использование гексагональных и кубических жидкокристаллических фаз в качестве матрицы для синтеза наноматериалов.
- 3.7. Биологические методы синтеза наночастиц. Внутриклеточный синтез наночастиц. Магнетобактерии, магнетосомы.
- 3.8. Самоорганизация наночастиц под действием капиллярных, гравитационной и центробежной сил, действия электрического и магнитного поля. Матричная самоорганизация.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать: (перечень из п.2)			
1	– Теоретические основы процессов кристаллизации в жидких средах, основные факторы, влияющие на размер и скорость образования центров кристаллизации, скорость роста наночастиц	+	-	-
2	– Закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах	+	+	+
3	– Особенности химических, физических и биологических процессов синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах	+	+	+
4	– Закономерности, позволяющие прогнозировать размер и морфологию наночастиц при использовании жидкофазных методов синтеза	+	+	+
	Уметь: (перечень из п.2)			
6	– Выбирать способ синтеза для получения наночастиц требуемого размера и формы	+	+	+
7	– Находить и использовать литературные источники, необходимые для получения наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава	+	+	+
8	– Применять теоретические и практические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения некоторых исследовательских и прикладных задач	+	+	+
	Владеть: (перечень из п.2)			
9	– Методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах	+	+	+
10	– Основными методами синтеза в жидких средах наночастиц и наноматериалов различной дисперсности и природы	+	+	+
	Код и наименование ПК			
11	– ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	+	+	+

12	– ПК-6 Способен эксплуатировать технологическое и аналитическое оборудование, предназначенное для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов, в соответствии с нормами техники безопасности и требованиями экологии	-	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Предусмотрены практические занятия обучающегося в бакалавриате в объеме 24 акад. ч. (24 акад. ч в 8 сем., разделы 1, 2 и 3).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Расчеты размеров критических зародышей из различных материалов.	2
2	1	Расчеты скорости образования критических зародышей из различных материалов.	2
3	2	Изучение особенностей синтеза наночастиц благородных металлов	2
4	2	Изучение особенностей синтеза полупроводниковых квантовых точек наночастиц	1
5	2	Изучение особенностей синтеза магнитных наночастиц	1
6	2	Изучение особенностей синтеза наночастиц со структурой ядро-оболочка	2
7	3	Изучение роли различных факторов на дисперсность и структуру получаемых наноматериалов при золь-гель синтезе в кислой и щелочной среде	2
8	3	Изучение особенностей синтеза наночастиц при микроволновом и ультразвуковом воздействии	2
9	3	Изучение особенностей проведения синтеза наночастиц и наноматериалов в сверхкритических условиях, когда сверхкритическая жидкость играет роль растворителя, сорастворителя или анти-растворителя	2
10	3	Изучение особенностей синтеза наночастиц криохимическим методом, определение условий, при которых для удаления растворителя используется сублимационная сушка, криоэкстрагирование или криоосаждение	2
11	3	Изучение способов получения наночастиц и наноматериалов катодными и анодными методами при электрохимическом синтезе	2
12	3	Изучение влияния различных параметров на матричный наночастиц в обратных мицеллах и микроэмульсии	2
13	3	Изучение особенностей биологических методов синтеза наночастиц и наноматериалов	1
14	3	Изучение особенностей самоорганизации наночастиц	1

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах» выполняется в соответствии с Учебным планом в 8 семестре и занимает 16 акад. ч. Лабораторные работы охватывают 2 раздел дисциплины. В практикум входит 2 работы, примерно по 8 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 и наноматериалов в жидких средах», а также дает практические знания о синтезе наночастиц благородных металлов и полупроводниковых наночастиц в жидких средах.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 20 баллов (максимально по 10 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	2	Синтез наночастиц серебра восстановлением борогидридом натрия. Определение размеров наночастиц и устойчивости водной дисперсии наночастиц серебра.	8
2	2	Синтез наночастиц сульфида кадмия методом контролируемого осаждения в водной фазе. Определение размеров наночастиц и устойчивости водной дисперсии наночастиц сульфида кадмия.	8

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах» предусмотрена самостоятельная работа студента бакалавриата в объеме 80 ч в 8 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 сдаче лабораторного практикума по дисциплине;
- 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

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы (одна контрольная работа по 1 и 2 разделам и 1 контрольная работа по 3 разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 40 баллов по 20 баллов за каждую.

Разделы 1 и 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 20 вопросов, по 1 баллу за вопрос.

1. Какой знак имеет слагаемое σF в уравнении энергии Гиббса от параметров при образовании кристаллических зародышей?
2. Как изменяется радиус критических зародышей при увеличении пересыщения в системе в случае гомогенной кристаллизации?
3. Как изменяется радиус критических зародышей при увеличении температуры в системе в случае гомогенной кристаллизации?
4. Величина потенциального барьера выше при гомогенной или гетерогенной кристаллизации?
5. Как изменяется скорость образования центров кристаллизации при увеличении пересыщения раствора?
6. Как изменяется скорость образования центров кристаллизации при увеличении температуры раствора?
7. Как изменяется скорость роста кристаллов при увеличении пересыщения раствора?
8. Что используется в качестве восстановителя в методе Браста при синтезе наночастиц золота?
9. Что используется в качестве стабилизатора в методе Туркевича при синтезе наночастиц золота?
10. Когда образуются анизотропные частицы при синтезе полупроводниковых наночастиц по методу молекулярных прекурсоров?
11. Из каких стадий состоит процесс синтеза наночастиц, представляющих собой сплав Au и Ag?
12. Из каких стадий состоит процесс синтеза нанокомпозитов $\text{Au@SiO}_2\text{@Au@SiO}_2$?

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 20 вопросов, по 1 баллу за вопрос.

1. Как изменяется вязкость при образовании сверхкритической жидкости?
2. Наночастицы какой природы можно синтезировать RESS-методом?
3. Основной недостаток синтеза наночастиц при микроволновом нагреве.
4. Какой сжиженный газ наиболее часто используют в качестве хладагента при криохимическом методе синтеза наночастиц?
5. Какова структура гранул при малых скоростях охлаждения в криохимическом методе синтеза?

6. Про происходит на стадии криоэкстрагирования в криохимическом методе синтеза?
7. Как называется продукт, образующийся при термическом удалении растворителя, в золь-гель методе?
8. Можно ли методом электроосаждения получать композитное покрытие, состоящее из металла и наночастиц алмаза?
9. Можно ли синтезировать наночастицы благородных металлов в обратных мицеллах?
10. Какого размера можно синтезировать наночастицы в обратных мицеллах?
11. В какой жидкокристаллической структуре синтезируют стержни?
12. Какие структуры образуются при самоорганизации наночастиц под действием капиллярных сил?

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 - 7 балла.

Затем проводится тест-контроль знаний, полученных при выполнении лабораторных работ. В каждом тесте содержится 3 вопроса. За каждый правильный ответ обучающийся получает 1 балл.

По каждой из двух лабораторных работ обучающийся может набрать максимально 10 баллов - 7 баллов за лабораторную работу и 3 балла за тест по данной лабораторной работе.

Это является контрольной точкой № 3. Максимальная оценка - 20 баллов.

Примеры тестовых вопросов:

1. Что используется в качестве восстановителя серебра в проделанной лабораторной работе?
2. Что используется в качестве стабилизатора наночастиц серебра в проделанной лабораторной работе?
3. Какого размера получаются наночастицы сульфида кадмия при синтезе методом контролируемого осаждения?

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (8 семестр – зачет с оценкой)

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов. Билет содержит 2 вопроса. Вопрос 1 – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (8 семестр – зачет с оценкой).

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 20 баллов.

1. Критический зародыш; факторы, влияющие на размер критического зародыша.
2. Основные факторы, влияющие на скорость роста наночастиц.
3. Получение наночастиц золота методами Туркевича и Браста.
4. Способы синтеза наностержней золота и серебра.
5. Синтез полупроводниковых наночастиц методом молекулярных прекурсоров.
6. Синтез магнитных наночастиц.
5. Золь-гель синтез наноматериалов. Аэрогели и ксерогели.
6. Синтез наночастиц в сверхкритических жидкостях. Критическая жидкость, как растворитель.

7. Синтез наночастиц при ультразвуковом воздействии.
8. Синтез наночастиц при микроволновом нагреве.
10. Криохимический метод синтеза наночастиц. Хладоагенты. Способы удаления растворителя.
11. Катодные и анодные процессы при электрохимическом методе получения наноматериалов.
12. Синтез наночастиц в обратных мицеллах и микроэмульсии.
13. Биологические методы синтеза наночастиц и наноматериалов. Магнетобактерии, магнетосомы.
14. Самоорганизация наночастиц.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (8 семестр).

Зачет с оценкой по дисциплине «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах» проводится в 8 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» И.о. зав. кафедрой наноматериалов и нанотехнологии _____ Королева М.Ю. «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» Профиль – «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»
Билет № 1	
1. Критический зародыш; факторы, влияющие на размер критического зародыша.	
2. Синтез наночастиц в обратных мицеллах и микроэмульсии.	

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

- Раздаточный иллюстративный материал 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 ELSEVIER: <https://www.sciencedirect.com>

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- Сайт кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева <http://nano.muctr.ru/>
- Сайт Роснано <http://www.rusnano.com>
- 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 – 8, (общее число слайдов – более 600);
- 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 40).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов»);

- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
 - Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;
 - Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;
 - Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);
 - Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);
 - Положение об организации и использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf дата обращения: 30.05.2023);
 - Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf дата обращения: 30.05.2023).
- При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:
- Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).
 - Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).
 - ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по курсу.

Учебный курс «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах» включает 3 модуля, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого модуля рекомендуется регулярное повторение законспектированного лекционного материала, а также дополнение его демонстрационными фильмами, а также сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. Изучение материала каждой пары модулей 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 контрольных работ составляет по 20 баллов каждая.

Учебная программа дисциплины «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах» предусматривает проведение лабораторного практикума в объеме 16 ч. Работы выполняются в часы, выделенные учебным планом в 8 семестре. Лабораторные работы охватывают 2 раздел. Лабораторный практикум выполняется, когда изучен материал большинства разделов, входящих в раздел «Синтез наночастиц методами контролируемого осаждения». На выполнение каждой работы отводится примерно 8 ч в зависимости от трудоемкости.

Целью выполнения лабораторных работ является закрепление полученных знаний по дисциплине, расширение эрудиции и кругозора студента бакалавриата в области синтеза наночастиц благородных металлов и полупроводниковых наночастиц в жидких средах, развитие творческого потенциала и самостоятельного мышления студента. В задачи подготовки к выполнению лабораторных работ входит приобретение навыков работы с информационными ресурсами, получение опыта проведения работ, обработки, анализа полученных результатов, формулирования выводов по выполненной работе, знакомство с правилами оформления лабораторных работ.

При подготовке к выполнению лабораторных работ студент должен руководствоваться следующими основными принципами:

- сочетание в работе, с одной стороны, изученных в дисциплине «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах» теоретических положений и сведений, с другой, – результатов новейших разработок в области синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах;
- творческий аналитический подход к полученным в лабораторной работе результатам, исключающий их простое перечисление и изложение.

Работа над подготовкой в лабораторной работе ориентирована в первую очередь на самостоятельную работу обучающегося с информационными ресурсами – конспектом лекций и раздаточным материалом, научно-технической и справочной литературой, ресурсами Интернета, базами данных. Доступ к указанным ресурсам обеспечивается фондами научно-технической библиотеки вуза и городских научно-технических библиотек, электронными библиотеками и поисковыми системами Интернета, материалами тематических выставок и научно-технических конференций.

После выполнения лабораторных работ обучающиеся оформляют отчет по лабораторной работе в соответствии с требованиями, изложенными в описании каждой

лабораторной работы. После оформления отчета обучающиеся сдают лабораторную работу преподавателю, объясняя полученные результаты. Максимальная оценка за лабораторные две работы составляет 20 баллов, по 10 баллов за каждую лабораторную работу.

Совокупная оценка текущей работы студента бакалавриата в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 40 баллов) и лабораторного практикума (максимальная оценка 20 баллов). Максимальная оценка текущей работы в каждом семестре составляет 60 баллов.

В соответствии с учебным планом изучение материала разделов 1, 2 и 3 происходит в 8 семестре и заканчивается контролем его освоения в зачета с оценкой (максимальная оценка – 40 баллов).

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах» изучается в 8 семестре бакалавриата.

При подготовке и проведении занятий преподаватель должен ориентироваться на то, что студенты, обучающиеся в бакалавриате, имеют общую подготовку по общенаучным, инженерным дисциплинам и основным профессиональным дисциплинам профиля, в объеме, предусмотренном учебным планом бакалавриата, а также опыт восприятия и конспектирования изучаемого материала. В связи с этим материал дисциплины должен опираться на полученные знания и быть ориентирован на их расширение и углубление в соответствии с современными теоретическими представлениями и технологическими новациями. Обучение студентов может быть организовано как в виде традиционных лекций и практических занятий, так и научной дискуссии, которая помогает приобрести навыки и умения обосновывать круг рассматриваемых вопросов, формулировать главные положения, определения и практические выводы из теоретических положений. На занятиях должна прослеживаться взаимосвязь рассматриваемых вопросов с ранее изученным материалом.

Основной задачей преподавателя, ведущего занятия по дисциплине «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах», является формирование у студентов компетенций в области синтеза наночастиц в жидких средах. При выборе материала для занятий желательно обращаться к опыту ведущих зарубежных и отечественных научно-исследовательских центров, научно-производственных фирм и предприятий, использовать их научные, информационные и рекламные материалы и проводить их сравнительный анализ.

На первом лекционном занятии при рассмотрении вопросов получения наночастиц и наноматериалов в жидких средах, преподавателю необходимо обратить внимание на

взаимосвязь процессов конденсации и роста кристаллов с процессами синтеза наночастиц. Рекомендуется рассмотреть влияние различных параметров на размер и скорость образования зародышей кристаллизации, на скорость последующего роста наночастиц. Тщательно рассмотреть вопросы, связанные со способами замедления роста, что необходимо для получения наночастиц требуемого размера.

В разделе «Синтез наночастиц методами контролируемого осаждения» рекомендуется рассмотреть основные способы получения наночастиц золота и серебра: методы Туркевича и Браста. Следует уделить внимание вопросам, связанным с синтезом наностержней золота и серебра на зародышах кристаллизации, остановиться на влиянии ПАВ на процесс образования наностержней.

Необходимо уделить внимание вопросам синтеза магнитных наночастиц. Дать основные понятия о способах получения магнитных жидкостей.

Следует подробно рассказать о способах синтеза полупроводниковых наночастиц. Остановится на аспектах получения полупроводниковых наночастиц методом молекулярных прекурсоров.

В разделе «Комплексные методы синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах» следует уделить внимание золь-гель методу синтеза наноматериалов, сольво- и гидротермальному синтезу, криохимическому методу, электрохимическому методу, матричному синтезу и биологическим методам получения наночастиц и наноматериалов. Необходимо сфокусировать внимание на максимально точном и понятном описании физических и химических процессов, протекающих при синтезе наночастиц и наноматериалов. И при этом следует дать логическое обоснование выбора способа синтеза для каждого конкретного случая.

С целью более эффективного усвоения обучающимися материала данной дисциплины при проведении лекционных и практических занятий рекомендуется использовать иллюстративный материал, который включает презентации по разделам дисциплины, выполненные с использованием различных программных продуктов (например, Power Point в составе Microsoft Office). Для демонстрации иллюстративного материала рекомендуется использование мультимедиа.

При проведении лабораторного практикума преподавателю основное внимание следует уделять формированию у студентов умения активно использовать полученные знания по дисциплине «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах» при подготовке, проведении и защите лабораторных работ. При проведении лабораторных работ следует уделить особое внимание навыкам работы обучающихся в химической лаборатории. Следует обращать внимание на необходимость точного выполнения требований к подготовке образцов, проведению экспериментов и обработке результатов для получения достоверных величин определяемых свойств. Студенты должны понимать, что свойства наночастиц, которые они определяют в практикуме, прежде всего размеры наночастиц, связаны с точным соблюдением методики выполнения работы.

Для более глубокого изучения предмета в рамках самостоятельной работы преподаватель может рекомендовать обучающимся ознакомление с публикациями в периодических журналах и Интернет-ресурсах и посещение специализированных выставок и семинаров.

При проведении занятий преподаватель может рекомендовать студентам проработку дополнительной литературы по тематике занятия, организуя ее обсуждение на практических занятиях, формирует у студентов навык к самостоятельной работе с разнообразными литературными источниками.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. 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 22.05.2019 составляет 1 708 372 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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах» проводятся в форме лекций 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.

Лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, химической посудой, реактивами, необходимым общелабораторным оборудованием (весы аналитические, сушильные шкафы, колбонагреватели, термостаты, печи муфельные, центрифуги, магнитные мешалки, ультразвуковые гомогенизаторы, pH-метры, кондуктометры) и специализированным оборудованием для разработки, синтеза и исследования свойств наноматериалов и наноструктурированных систем, в том числе спектрофотометр в УФ и видимой области, синхронный термический анализатор, анализатор размера и дзета-потенциала частиц, анализатор стабильности дисперсных систем. Кафедра наноматериалов и нанотехнологии этим оборудованием оснащена.

13.2. Учебно-наглядные пособия

Иллюстрации к разделам курса; распечатки слайдов презентаций.

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

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

13.4. 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.

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
3.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	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 (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да
6.	Kaspersky	Контракт № 90-	12 месяцев	Лицензия на ПО, не	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	133ЭА/2021 от 07.09.2021	(ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Введение в синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах	<i>Знает:</i> – теоретические основы процессов кристаллизации в жидких средах, основные факторы, влияющие на размер и скорость образования центров кристаллизации, скорость роста наночастиц; – закономерности, позволяющие прогнозировать размер и морфологию наночастиц при использовании жидкофазных методов синтеза. <i>Умеет:</i> – выбирать способ синтеза для получения наночастиц требуемого размера и формы; – находить и использовать литературные источники, необходимые для получения наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава. <i>Владеет:</i> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах.	Оценка за контрольную работу № 1 (8 семестр) Оценка на зачете с оценкой (8 семестр)
Раздел 2. Синтез наночастиц методами контролируемого осаждения	<i>Знает:</i> – закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах; – особенности химических, физических и биологических процессов синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах;	Оценка за контрольную работу № 1 (8 семестр) Оценка за

	– закономерности, позволяющие прогнозировать размер и морфологию наночастиц при использовании жидкофазных методов синтеза. <i>Умеет:</i> – выбирать способ синтеза для получения наночастиц требуемого размера и формы; – находить и использовать литературные источники, необходимые для получения наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава; – применять теоретические и практические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения некоторых исследовательских и прикладных задач. <i>Владеет:</i> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах; – основными методами синтеза в жидких средах наночастиц и наноматериалов различной дисперсности и природы.	контрольную точку № 3 - за лабораторные работы (8 семестр) Оценка на зачете с оценкой (8 семестр)
Раздел 3. Комплексные методы синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах	<i>Знает:</i> – закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах; – особенности химических, физических и биологических процессов синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах; – закономерности, позволяющие прогнозировать размер и морфологию наночастиц при использовании жидкофазных методов синтеза. <i>Умеет:</i> – выбирать способ синтеза для получения наночастиц требуемого размера и формы; – находить и использовать литературные источники, необходимые для получения наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава; – применять теоретические и практические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения некоторых исследовательских и прикладных задач. <i>Владеет:</i> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах; – основными методами синтеза в жидких средах	Оценка за контрольную работу № 2 (8 семестр) Оценка на зачете с оценкой (8 семестр)

	наночастиц и наноматериалов различной дисперсности и природы. —	

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

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

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

- Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

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

**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
«ТОКСИКОЛОГИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И ОСНОВЫ
БЕЗОПАСНОГО ОБРАЩЕНИЯ С НИМИ»**

Направление подготовки

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки

«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена д.х.н. профессором кафедры наноматериалов и нанотехнологии
Н.М. Мурашовой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

«14 » мая 2025 г., протокол № 11.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) бакалавриата по направлению подготовки **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»**, рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева.

Дисциплина **«Токсикология наноматериалов и основы безопасного обращения с ними»** относится к вариативной части дисциплин (дисциплины по выбору) учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют подготовку по дисциплинам «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Биологические наноструктуры» и «Введение в специальность».

Цель дисциплины: формирование у студентов понятия о различных аспектах токсического действия биологически активных веществ, а также 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 токсического действия биологически активных веществ, а также наночастиц и наноматериалов, 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 **«Токсикология наноматериалов и основы безопасного обращения с ними»** преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Токсикология наноматериалов и основы безопасного обращения с ними»** при подготовке бакалавров по направлению подготовки **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»**, направлено на формирование следующих компетенций:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработки новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	ПК-5.1 Знает основные виды источников научно-технической документации в области наноструктурированных материалов, методы ее поиска и анализа ПК-5.2 Умеет анализировать научно-техническую документацию в области наноструктурированных материалов и применять полученную информацию для разработки новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт

помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	технике безопасности и безопасности жизнедеятельности. - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем;			40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта
– участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных	- все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных	ПК-6 Способен эксплуатировать технологическое и аналитическое оборудование, предназначенное для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов, в	ПК-6.1. Знает нормы техники безопасности и требования экологии при эксплуатации технологического и аналитического оборудования, предназначенного для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой

характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; – участие в производстве наноматериалов и наносистем с заданными технологическими и функциональными свойствами, проектировании высокотехнологичных процессов в составе первичного проектно-технологического или исследовательского подразделения; контроль качества выпускаемой продукции.	данных, моделирования процессов синтеза и физико-химических свойств наноматериалов; - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности.	соответствии с нормами техники безопасности и требованиями экологии	наноструктурированных материалов ПК-6.2. Умеет применять на практике нормы и правила техники безопасности при эксплуатации технологического и аналитического оборудования, предназначенного для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основные понятия токсикологии и нанотоксикологии;
- механизмы действия наиболее распространенных токсичных веществ и антидотов;

- особенности действия наночастиц на живые системы;

Уметь:

- правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами,
- выбирать средства защиты, необходимые при работе с различными наносистемами и наноматериалами;

Владеть:

- информацией о токсичности некоторых видов наночастиц и наноматериалов;
- навыками анализа современной научной литературы в области токсичности наноматериалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3,0	108
Аудиторные занятия:	1,33	48
Лекции (Лек)	0,89	32
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16
Самостоятельная работа (СР):	1,67	60
Контактная самостоятельная работа	0,5	0,2
Самостоятельная проработка разделов дисциплины		17,8
Подготовка докладов на семинарах	0,25	9
Подготовка реферата	0,5	18
Подготовка к зачету	0,42	15
Вид контроля: зачет	-	-

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В астрон. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3,0	81
Аудиторные занятия:	1,33	36
Лекции (Лек)	0,89	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	12
Самостоятельная работа (СР):	1,67	45
Контактная самостоятельная работа	0,5	0,15
Самостоятельная проработка разделов дисциплины		13,35
Подготовка докладов на семинарах	0,25	6,7
Подготовка реферата	0,5	13,5
Подготовка к зачету	0,42	11,3
Вид контроля: зачет	-	-

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. Основы токсикологии	33	14	7	12
1.1	Введение и основные понятия	10	4	2	4
1.2	Действие токсичных веществ на организм	5	2	1	2
1.3	Детоксикация и антидоты	13	6	3	4
1.4	Примеры токсического действия веществ	5	2	1	2
2	Раздел 2. Нанотоксикология	40	18	7	15
2.1	Понятие и задачи нанотоксикологии	18	8	3	7
2.2	Примеры токсического действия наночастиц	22	10	4	8
	Подготовка и защита рефератов	20	-	2	18
	Подготовка к зачету	15	-	-	15
	Форма контроля - зачет				
	Всего часов	108	32	16	60

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основы токсикологии

1.1. Введение и основные понятия. Определение токсикологии, разделы токсикологии. История токсикологии. Понятие о вредном веществе. Токсичность и опасность вещества. Понятие дозы. Кривые «доза-эффект». Виды токсических доз и концентраций. Порог вредного действия. Понятие ПДК. Толерантность. Понятие гомеостаза. Классификация отравлений. Острое и хроническое отравление. 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. Агонисты и антагонисты рецепторов. Примеры токсикантов-агонистов и антагонистов, их мишени и эффекты.

1.3. Детоксикация и антидоты. Периоды отравления. Общие принципы лечения отравлений. Стимуляция естественной детоксикации. Искусственная детоксикация организма. Применение антидотов. Классификация антидотов и примеры.

1.4. Примеры токсического действия веществ. Токсическое действие некоторых веществ неорганического происхождения: монооксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, кислоты и щелочи, фтор, мышьяк, тяжелые металлы. Токсическое действие некоторых органических веществ: одноатомные спирты и гликоли, ацетон, фосфорорганические пестициды, кофеин, никотин. Токсины бледной поганки и мухомора. Токсины змей и скорпионов.

Раздел 2. Нанотоксикология

2.1. 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. Оценка риска при воздействии наноматериалов. Ограничения на использование наноматериалов. Методы оценки безопасности наноматериалов. Средства защиты при работе с наноматериалами.

6. Примеры токсического действия наночастиц. Токсическое действие наночастиц металлов, углеродных наночастиц, оксидных наночастиц, полимерных наночастиц.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
Знать:		
- основные понятия токсикологии и нанотоксикологии;	+	+
- механизмы действия наиболее распространенных токсичных веществ и антидотов;	+	-
- особенности действия наночастиц на живые системы	-	+
Уметь:		
- правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами,	+	+
- выбирать средства защиты, необходимые при работе с различными наносистемами и наноматериалами	+	+
Владеть:		
- информацией о токсичности некоторых видов наночастиц и наноматериалов	-	+
- навыками анализа современной научной литературы в области токсичности наноматериалов	+	+
Код и наименование ПК		
ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	+	+
ПК-6 Способен эксплуатировать технологическое и аналитическое оборудование, предназначенное для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов, в соответствии с нормами техники безопасности и требованиями экологии	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия.

Примерные темы практических занятий по дисциплине

Предусмотрены практические занятия обучающегося в бакалавриате в объеме в объеме 16 акад. часов (0,44 зач. ед.).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1.	Введение и основные понятия токсикологии.	2
2	1.2.	Действие токсичных веществ на организм.	1
3	1.3.	Детоксикация и антидоты.	3
4	1.4.	Примеры токсического действия веществ.	1
5	2.1.	Понятие и задачи нанотоксикологии.	3
6	2.2.	Примеры токсического действия наночастиц.	4
9	Реферат	Защита подготовленных рефератов по анализу научной информации (статей и патентов) по токсическому действию наночастиц и наноматериалов.	2

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине *«Токсикология наноматериалов и основы безопасного обращения с ними»* не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины *«Токсикология наноматериалов и основы безопасного обращения с ними»* предусмотрена самостоятельная работа студента бакалавриата в объеме 60 акад. часов (1,67 зач. ед.), в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины 18 акад. часов, подготовка докладов на семинарах в объеме 9 акад. часов, подготовка реферата 18 часов и подготовка к зачету 15 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 к контрольным работам;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами и электронными базами данных;
- подготовку реферата по анализу научной информации (статей и патентов) по разработке и применению наноматериалов для направленного транспорта лекарственных веществ;
- подготовку к сдаче зачета.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

На практических занятиях предусмотрено 4 обязательных доклада. Максимальная оценка за один доклад составляет 5 баллов, всего за доклады предусмотрено 20 баллов.

Изучение дисциплины заканчивается подготовкой и защитой рефератов.

Подготовка и защита реферата

Подготовка и защита реферата включает в себя поиск и детальный анализ одного источника научной информации (научной статьи) по изучению токсичности наночастиц или наноматериалов. Анализируется актуальность работы, описанной в статье,

перспективность направления, достоинства, недостатки, практическая значимость и возможность внедрения. Максимальная оценка за реферат – 20 баллов. Объем реферата составляет 2-3 страницы.

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
6. Оценка

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

Рекомендуется брать статьи из следующих научных журналов:

1. «Российские нанотехнологии
2. «Нанотехнологии и охрана здоровья»
3. Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine
4. Nanotoxicology

а также пользоваться научной электронной библиотекой издательства Elsevier на платформе ScienceDirect.

Примерные темы докладов

Раздел 1. Основы токсикологии

1. Методы анализа в токсикологии, связь с криминалистикой.
2. Вопросы биоэтики при исследовании токсичности веществ
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

Раздел 2. Нанотоксикология

1. 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.)
2. Действие наночастиц на растения (одноклеточные и многоклеточные)
3. Токсичность углеродных нанотрубок
4. Действие наночастиц на репродуктивные функции животных
5. Действие наночастиц на гидробионтов
6. Анализ МР 1.2.2522-09 Выявление наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека. Методические рекомендации. Утверждены 01 июля 2009 г.
7. Анализ МР 1.2.2566-09. Оценка безопасности наноматериалов *in vitro* и в модельных системах *in vivo*. Методические рекомендации. Утверждены 10 декабря 2009 г.
8. Анализ МР 1.2.2639-10. Использование методов количественного определения наноматериалов на предприятиях наноиндустрии. Методические рекомендации. Утверждены 24 мая 2010 г.
9. 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.
10. Анализ МР 1.2.0052-11. Оценка воздействия наноматериалов на функцию иммунитета. Методические рекомендации. Утверждены 29 декабря 2011 г.
11. Анализ МУ 1.2.2520-09. Токсиколого-гигиеническая оценка безопасности наноматериалов. Методические указания. Утверждены 05 июня 2009 г.
12. Анализ МУ 1.2.2635-10. Медико-биологическая оценка безопасности наноматериалов. Методические указания. Утверждены 24 мая 2010 г.
13. Применение наночастиц TiO_2 , ZnO и SiO_2 в промышленности и в косметике.
14. Фотокаталитическое действие наночастиц TiO_2 . Применение в строительстве и для очистки воздуха.
15. Производство и перспективы применения углеродных нанотрубок, возможные пути их поступления в организм людей и в биосферу.
16. Водорастворимые производные фуллеренов – проникновение через биологические барьеры, ингибирование ферментов, антиоксидантные свойства
17. Воздействие наночастиц на ДНК.
18. Польза и опасность солнцезащитной косметики с наночастицами
19. Примеры воспалительных реакций под действием наночастиц металлов
20. Токсическое действие и возможности медицинского применения наночастиц металлов (кроме серебра)
21. Токсическое действие и возможности медицинского применения наночастиц оксидов металлов
22. Токсическое действие и возможности медицинского применения углеродных наночастиц

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы (по одной контрольной работе по каждому разделу) и итоговая контрольная работа по всему материалу изучаемой дисциплины. Контрольные работы пишутся в форме тестового задания. Тестовые задания состоят из вопросов с несколькими вариантами ответов.

Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 составляет по 20 баллов за каждую. Всего за две контрольные работы – 40 баллов. Максимальная оценка за итоговую контрольную работу составляет 20 баллов

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа в виде теста содержит 20 вопросов, по 1,0 балла за 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

2) DL₅₀ - это

1 – средняя смертельная концентрация, 2 – средняя смертельная доза, 3 – средняя эффективная доза, 4 – минимальная токсическая доза.

3) 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.

4) Транквилизаторы и снотворные лекарственные средства обладают

1 – кардиотоксическим действием, 2 – нейротоксическим действием, 3 – гематотоксическим действием, 4 – нефротоксическим действием

5) При гепатотоксическом действии яда преимущественно повреждается

1 – печень, 2 – почки, 3 – центральная нервная система, 4 – сердечно-сосудистая система.

6) 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.

7) При комбинированном действии токсикантов

1 – эффект равен сумме эффектов отдельных веществ, 2 – эффект сильнее, чем сумма эффектов отдельных веществ, 3 – эффект слабее, чем сумма эффектов отдельных веществ, 4 – возможны все три указанных выше варианта

8) Способность вещества связываться с данным рецептором, в результате чего происходит образование комплекса «вещество – рецептор», называется:

1 – аффинитет; 2 – внутренняя активность; 3 – энергия связи; 4 – молекулярная токсичность

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа в виде теста содержит 20 вопросов, по 1,0 балла за вопрос.

1) Способность живых организмов к аккумуляции наночастиц обусловлена тем, что
1 – наночастицы выводят из строя печень, 2 – наночастицы хорошо растворимы в липидах, 3 – наночастицы не опознаются защитными системами организма, очень медленно растворяются и медленно выводятся, 4 – наночастицы обладают повышенной каталитической активностью

2) Годом рождения нанотоксикологии считают:
1 – 1985, 2 – 2000, 3 – 2005, 4 – 2010

3) По данным Обердорстера, частицы диаметром в 20 нм наиболее эффективно оседают:
1 - в гортани, 2 - в трахее, 3 - в бронхах, 4 - в альвеолах

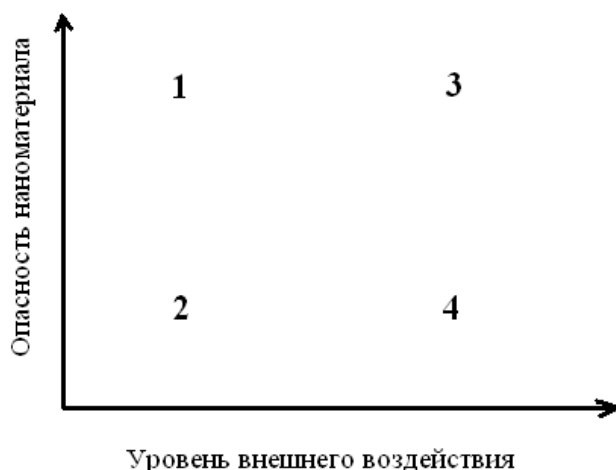
4) Чувствительность к действию ионов, нано- и микрочастиц меди возрастает в ряду (т.е. от менее к более чувствительному):
1 - растения - животные – микроорганизмы; 2 - микроорганизмы - растения – животные; 3 – чувствительность одинакова

5) Нормативные документы (например, методические указания Роспотребнадзора) по оценке воздействия наночастиц и наноматериалов и их безопасности в России были разработаны и утверждены:
1 - в 1980-1990 годы, 2 – в 1990-1995 годы, 3 – в 2000-2005 годы, 4 - в 2008-2012 годы.

6) Из углеродных структур наиболее опасными для организма являются
1 – углеродные нанотрубки, 2 – сажа, 3 – наноалмазы, 4 – графит

7) 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.

8) На схеме оценки риска при воздействии наноматериалов укажите область сочетания параметров опасности наноматериала и уровня его внешнего воздействия на человека, в которой применение наноматериалов приводит к недопустимо высокому риску.



Примеры вопросов к итоговой контрольной работе. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа в виде теста содержит 20 вопросов, по 1,0 балла за вопрос.

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 2. Нанотоксикология - это

1 – изучение токсического действия наночастиц на человека, 2 – изучение токсичности наноматериалов, 3 – изучение механизмов действия наночастиц, 4 – применение наночастиц для детоксикации.

Вопрос 3. Патологическое состояние, вызванное общим действием на организм токсических веществ - это

1 – летальная доза, 2 – непереносимость, 3 – похмелье, 4 – интоксикация.

Вопрос 4. Острое воздействие

1 – развивается при длительном, часто прерывистом поступлении ядов в малых дозах, 2 – как правило, бывает однократным, длится менее 24 часов, 3 – длится от 0,5 до 100 часов, 4 – часто бывает смертельным.

Вопрос 5. Транквилизаторы и снотворные лекарственные средства обладают

1 – кардиотоксическим действием, 2 – нейротоксическим действием, 3 – гематотоксическим действием, 4 – нефротоксическим действием.

Вопрос 6. Токсикогенный период отравлений

1 – концентрация токсиканта в организме возрастает, но симптомы отравления отсутствуют, 2 – начинается с первыми клиническими признаками отравления и заканчивается после окончательной элиминации яда из организма, 3 – наблюдаются повреждения органов уже после элиминации яда, 4 – развивается после введения антидота.

Вопрос 7. Гемодиализ относится к методам

1 – естественной детоксикации, 2 – искусственной детоксикации, 3 – сорбции, 4 – форсированного диуреза

Вопрос 8. Годом рождения нанотоксикологии считают:

1 – 1995, 2 – 2005, 3 – 2010, 4 – 1975

Вопрос 9. По данным Обердорстера, частицы диаметром в 20 нм наиболее эффективно оседают:

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

Вопрос 10. Из углеродных структур наиболее опасными для организма являются

1 – углеродные нанотрубки, 2 – сажа, 3 – наноалмазы, 4 – бриллианты

Вопрос 11. Литейная лихорадка обусловлена:

1 – действием наночастиц оксида меди; 2 – вдыханием высокодисперсной угольной пыли; 3 – действием высокодисперсной пыли и паров металлов; 4 – действием наночастиц лития

Вопрос 12. Наночастицы химически инертных полимеров, например фторопласта:

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

Полный перечень 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. 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., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы: учебное пособие - 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);
- раздаточный материал по лекциям
- набор тем докладов на семинарах, общее число тем – более 40
- банк тестовых заданий для контрольных работ
- банк тестовых заданий для итоговой контрольной работы (общее число вопросов – не менее 80).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов»);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
- Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;
- Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;
- Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+&EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);
- Положение об организации и использовании электронного обучения и

дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf дата обращения: 30.05.2023);

– Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf дата обращения: 30.05.2023).

При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося в магистратуре направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по дисциплине.

Дисциплина *«Токсикология наноматериалов и основы безопасного обращения с ними»* включает 2 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого раздела рекомендуется регулярное повторение законспектированного лекционного материала, а также дополнение его сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. 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.

Практическое освоение учебного материала на семинарах проводится в форме подготовки докладов по выбранным из списка темам. Рекомендуется готовить доклады в форме компьютерных презентаций. Продолжительность доклада – 5-10 мин.

Совокупная оценка работы студента бакалавриата в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 40 баллов), за доклады на семинарах (максимальная оценка 20 баллов), за защиту реферата (максимальная оценка

20 баллов) и за итоговую контрольную работу (максимальная оценка 20 баллов). Контрольные работы проводятся в виде тестовых заданий.

Подготовка и защита реферата включает в себя поиск и детальный анализ одного источника научной информации (научной статьи) по изучению токсичности наночастиц или наноматериалов. Объем реферата составляет 2-3 страницы.

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

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

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина *«Токсикология наноматериалов и основы безопасного обращения с ними»* изучается в 6 семестре бакалавриата в качестве дисциплины по выбору студента.

При подготовке и проведении занятий преподаватель должен ориентироваться на то, что студенты, обучающиеся в бакалавриате, имеют общую подготовку по общенаучным, инженерным дисциплинам и основным профессиональным дисциплинам профиля, в объеме, предусмотренном учебным планом бакалавриата, а также опыт восприятия и конспектирования изучаемого материала. В связи с этим материал дисциплины должен опираться на полученные знания и быть ориентирован на их расширение и углубление в соответствии с современными теоретическими представлениями и технологическими новациями. Обучение студентов может быть организовано как в виде традиционных лекций и практических занятий, так и научной дискуссии, которая помогает приобрести навыки и умения обосновывать круг рассматриваемых вопросов, формулировать главные положения, определения и практические выводы из теоретических положений. На занятиях должна прослеживаться взаимосвязь рассматриваемых вопросов с ранее изученным материалом.

Основной задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине *«Токсикология наноматериалов и основы безопасного обращения с ними»*, является формирование у студентов компетенций в области материаловедения и технологии наноматериалов и наносистем, в том числе в области исследования токсичности биологически активных

веществ, а также наночастиц и наноматериалов. При выборе материала для занятий желательно обращаться к опыту ведущих зарубежных и отечественных научно-исследовательских центров, научно-производственных фирм и предприятий, использовать их научные, информационные и рекламные материалы и проводить их сравнительный анализ.

Необходимой компонентой лекционных и практических занятий по дисциплине является широкое использование иллюстративного материала, в том числе с применением компьютерной техники. Иллюстративный материал включает презентации по разделам дисциплины, выполненные с использованием различных программных продуктов (например, Power Point в составе Microsoft Office). Для демонстрации иллюстративного материала рекомендуется использование мультимедиа.

При проведении занятий преподаватель может рекомендовать студентам проработку дополнительной литературы по тематике занятия, организуя ее обсуждение на практических занятиях, формирует у студентов навык к самостоятельной работе с разнообразными литературными источниками.

Для более полной и глубокой проработки материала дисциплины, в том числе на конкретных примерах, предусмотрено проведение практических занятий в форме докладов обучающихся по выбранным из списка темам. Подготовка докладов направлена на повышение интереса к изучаемой дисциплине, она стимулирует обучающихся к самостоятельной творческой работе по изучаемой тематике. При проведении занятий преподаватель может рекомендовать студентам дополнительную литературу по тематике занятия. Желательно стимулировать студентов к самостоятельной работе с литературными источниками, задавая вопросы и организуя их обсуждение в аудитории.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. 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 01.01.2019 г составляет 1 708 372 экз. изданий.

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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

13.1. 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.

13.2. Учебно-наглядные пособия:

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

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

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

13.4. 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 15.05.2019).

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
3.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	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 (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams		продукта)		
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы токсикологии	<i>Знает:</i> - основные понятия токсикологии и нанотоксикологии; - механизмы действия наиболее распространенных токсичных веществ и антидотов; <i>Умеет:</i> - правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами, - выбирать средства защиты, необходимые при работе с различными наносистемами и наноматериалами; <i>Владеет:</i> - навыками анализа современной научной литературы в области токсичности наноматериалов;	Оценка за доклады. Оценка за первую контрольную работу Оценка за защиту реферата Оценка за итоговую контрольную работу.
Раздел 2. Нанотоксикология	<i>Знает:</i> - основные понятия токсикологии и	Оценка за доклады на семинарах.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	нанотоксикологии; - особенности действия наночастиц на живые системы <i>Умеет:</i> - правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами; - выбирать средства защиты, необходимые при работе с различными наносистемами и наноматериалами. <i>Владеет:</i> - информацией о токсичности некоторых видов наночастиц и наноматериалов; - навыками анализа современной научной литературы в области токсичности наноматериалов;	Оценка за вторую контрольную работу Оценка за защиту реферата Оценка за итоговую контрольную работу.

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

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

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

– Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

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

**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
«ФИЗИКОХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ УГЛЕРОДНЫХ
НАНОМАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов**

**Профиль подготовки – «Материаловедение и технологии
наноматериалов и наносистем»**

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена к.х.н. доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии
А.Г. Мурадовой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

«14 » мая 2025 г., протокол № 11.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) бакалавриата по направлению подготовки **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»**, рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева.

Дисциплина **«Физикохимия и технология углеродных наноматериалов»** относится к вариативной части дисциплин (дисциплины по выбору) учебного плана. Программа предполагает, что обучающиеся имеют подготовку в области органической химии, биохимии и физикохимии наноматериалов.

Цель дисциплины: приобретение знаний, умений, владений и формирование компетенций в области углеродных наноматериалов и ознакомление с их структурой, свойствами, возможностями применения.

Задача дисциплины:

формирование у обучающихся системных знаний в области углеродных наноматериалов, основных методов получения и возможностей потенциального применения углеродных наноматериалов.

Дисциплина **«Физикохимия и технология углеродных наноматериалов»** преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Физикохимия и технология углеродных наноматериалов»** при подготовке бакалавров по направлению 22.03.01 – «Материаловедение и технологии материалов», профиль подготовки – Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем направлено на формирование следующих компетенций:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа	ПК-3 Способен использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, разрабатывать рекомендации по составу, технологии производства и способам обработки конструкционных, функциональных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	ПК-3.1. Знает традиционные и новые технологические процессы получения и модификации материалов с целью повышения их конкурентоспособности ПК-3.2. Умеет использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах получения и обработки конструкционных, функциональных, композиционных и иных материалов ПК-3.3. Владеет методами получения и анализа информации по составу, технологии производства и способам обработки	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и

комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред;		конструкционных, функциональных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – б) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины обучающийся 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	3,0	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	48
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Самостоятельная работа	1,22	44	33
Контактная самостоятельная работа	1,22	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		43,8	32,85
Вид 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	Классификация углеродных наноструктур. Нанотрубки и фуллерены	48	14	14	20
1.1	Введение. Классификация углеродных наноструктур	12	4	4	4
1.2	Углеродные нанотрубки	20	6	6	8
1.3	Фуллерен	16	4	4	8
2	Композиты на основе углеродных	56	18	18	20

	наноматериалов. Неуглеродные нанотрубки. Графен. Наноалмаз				
2.1	Графен	12	4	4	4
2.2	Наноалмаз	12	4	4	4
2.3	Композиты, содержащие углеродные материалы	20	6	6	8
2.4	Неуглеродные нанотрубки	12	4	4	4
	Реферат	20	-	-	20
	Подготовка к зачету	20	-	-	20
	Форма контроля - зачет	-	-	-	-
	Всего часов	144	32	32	80

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Классификация углеродных наноструктур. Нанотрубки 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

История открытия углеродных нанотрубок. 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.

1.3 Фуллерен

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 ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетенции	1	2
Знать:		
– модификации углерода;	+	+
– структуру и свойства углеродных наноматериалов;	+	+
– возможности их использования углеродных наноматериалов;	+	+
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.	-	+
Код и наименование ПК		
ПК-3 Способен использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, разрабатывать рекомендации по составу, технологии производства и способам обработки конструкционных, функциональных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Предусмотрены практические занятия обучающегося в бакалавриате в объеме 16 акад. часов (0,45 зач. ед.).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.2	Одностенные и многостенные углеродные нанотрубки.	4
2	1.2	Свойства углеродных нанотрубок	2
3	1.3	Синтез, модифицирование, использование фуллеренов.	2
4	2.1	Строение и особые свойства графена	2
5	2.2	Строение и особые свойства наноалмаза	2

6	2.4	Функциональные свойства и практическое использование различных неуглеродных нанотрубок	4

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине «*Физикохимия и технология углеродных наноматериалов*» не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины «*Физикохимия и технология углеродных наноматериалов*» предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 60 акад. часов (1,67 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;
- 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;
- написание реферата по выбранным темам (по выбору);
- подготовку к сдаче зачета по курсу.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

На практических занятиях предусмотрено 2 обязательных доклада. Максимальная оценка за один доклад составляет 20 баллов, всего за доклады предусмотрено 40 баллов.

Изучение дисциплины заканчивается подготовкой и защитой рефератов.

Подготовка и защита реферата

Подготовка и защита реферата включает в себя поиск и детальный анализ одного источника научной информации (научной статьи или патента) по изучению свойств углеродных наноматериалов и их применению. 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 2-3 страницы.

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

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

Примерные темы докладов

Раздел 1. Классификация углеродных наноструктур. Нанотрубки и фуллерены

1. Одностенные углеродные нанотрубки . Строение и методы получения.
2. Многостенные углеродные нанотрубки . Строение и методы получения.
3. Природа химической связи в нанотрубках и основные отличия одностенных и многостенных УНТ.
4. Фуллерен. Строение и получение фуллеренов.
5. Перспективы химического модифицирования фуллеренов
6. Практическое использование фуллеренов.

Раздел 2. Композиты на основе углеродных наноматериалов. Неуглеродные нанотрубки. Графен. Наноалмаз

1. Графен. Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена.
2. Химическое модифицирование и практическое использование графена.
3. Наноалмаз. Понятия наноалмаза, строение и особые свойства наноалмаза.
4. Получение и практическое использование наноалмаза.
5. Модуль Юнга и закон Холла - Петча. Механические свойства наносистем. Применение макроскопических (обычных) законов механики к наносистемам.
6. Неуглеродные нанотрубки. Понятие неуглеродных нанотрубок.
7. Функциональные свойства и практическое использование различных неуглеродных нанотрубок.
8. Нановискеры (нитевидные нанокристаллы, ННК). Разновидности нановискеров. Получение нанокристаллов.
9. Гетероструктуры на основе нанокристаллов. Нановискеры феллерена. Потенциальное применение нановискеров.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Контрольные работы пишутся в форме развернутого ответа на вопросы.

Максимальная оценка контрольных работ составляет 40 баллов.

Раздел 1. Пример вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

1. Классификация углеродных наноструктур. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода.
2. Получение фуллеренов. Метод В. Кретчмера. Получение фуллеренов из жидкокристаллической мезофазы. Метод распыления графита. Методы очистки и детектирования фуллеренов.

Раздел 2. Пример вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

1. Дефекты в графене. Искращения графенового листа. Структура, электрофизические свойства, механические свойства.
2. Очистка наноалмазов от примесей. Методы контроля степени чистоты детонационных наноалмазов (ДНА). Получение наноалмазных суспензий. Структура

ДНА. Практическое использование.

Предлагаются следующие возможные темы рефератов на практических занятиях.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачет)

Примеры вопросов к итоговой контрольной работе. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа в виде 2 вопросов, по 10 баллов за вопрос.

1. Графен. Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена. Зонная структура графена.
2. Дефекты в графене. Искажения графенового листа. Структура, электрофизические свойства, механические свойства.
3. Химические свойства графена. Модифицирование графена.
4. Применение графена и его производных. Проводимость графена. «Графеновая» электроника. Многослойный эпитаксиальный графен (MEG).
5. 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.
6. Методы характеристики графена: КР – спектроскопия, сканирующая туннельная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, динамическое рассеяние света.
7. Понятия наноалмаза, строение и особые свойства наноалмаза. Технология получения детонационных наноалмазов.
8. Очистка наноалмазов от примесей. Методы контроля степени чистоты детонационных наноалмазов (ДНА). Получение наноалмазных суспензий. Структура ДНА. Практическое использование.
9. Неуглеродные нанотрубки. Классификация неуглеродных нанотрубок. Функциональные свойства и практическое использование неуглеродных нанотрубок.
10. Нановискеры (нитевидные нанокристаллы, ННК). Разновидности нановискеров. Получение ННК. Гетероструктуры на основе ННК. Нановискеры феллерена.
10. 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.
11. Углеродные нанотрубки. Понятие многостенных углеродных нанотрубок, информация об их строении и методах получения.
12. Фуллерен. Понятие фуллерена, строение и получение фуллеренов. Обсуждение перспектив химического модифицирования и практического использования фуллеренов.
13. Графен. Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена. Химическое модифицирование и практическое использование графена.
14. Наноалмаз. Понятия наноалмаза, строение и особые свойства наноалмаза. Получение и практическое использование наноалмаза.
15. Модуль Юнга и закон Холла - Петча. Механические свойства наносистем. Применение макроскопических (обычных) законов механики к наносистемам.
16. Неуглеродные нанотрубки. Понятие неуглеродных нанотрубок. Обсуждение функциональных свойств и практического использования различных неуглеродных нанотрубок.
17. Нановискеры (нитевидные нанокристаллы, ННК). Разновидности нановискеров. Получение ННК. Гетероструктуры на основе ННК. Нановискеры феллерена. Потенциальное применение нановискеров.

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. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 368 с. — ISBN 978-5-93208-550-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176410> (дата обращения: 22.04.2022).
3. Углеродные материалы : учебное пособие / Т. В. Комарова, С. В. Вержичинская. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 192 с. : ил. - Библиогр.: с. 191-192. - ISBN 978-5-7237-1040-5

Б. Дополнительная литература

1. Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены: Учебн.пособие. —М.: Университетская книга, Логос, 2006.-376 с.
2. Поленов, Ю. В. Физико-химические основы нанотехнологий : учебник / Ю. В. Поленов, Е. В. Егорова. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 180 с. — ISBN 978-5-8114-4113-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/207023> (дата обращения: 22.04.2022).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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>

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 20);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 20).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

- Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «**Материаловедение и технологии материалов**»);

- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;

- Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;

- Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;

- Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);

- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);

- Положение об организации и использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf (дата обращения: 30.05.2023);

- Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД

[Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf дата обращения: 30.05.2023).

При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по курсу.

Учебный курс *«Физикохимия и технология углеродных наноматериалов»* включает 2 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого раздела рекомендуется регулярное повторение учебного материала, а также дополнение его сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе.

При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. Изучение материала каждого модуля 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 контрольных работ составляет по 20 баллов каждая.

Совокупная оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ и реферативно-аналитических работ. Максимальная оценка текущей работы в семестре составляет 100 баллов.

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Основной задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине *«Физикохимия и технология углеродных наноматериалов»*, является выработка у обучающихся понимания необходимости знания предмета для их дальнейшей работы в области исследования, создания и производства углеродных наноматериалов различного назначения.

С целью более эффективного усвоения обучающимися материала данной дисциплины при проведении практических занятий рекомендуется использовать мультимедийные презентации, графики и таблицы, иллюстрирующие материал, демонстрационные фильмы. Для более глубокого изучения предмета в рамках самостоятельной работы преподаватель может рекомендовать обучающимся ознакомление с публикациями в периодических журналах и Интернет-ресурсах.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. 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 22.05.2019 составляет 1 708 372 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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Физикохимия и технология углеродных наноматериалов»* проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

13.1. 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.

13.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям.

13.3. 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.

13.4. 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.

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
3.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	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 (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	PowerPoint 365 Microsoft Teams				
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1	Знает: - модификации углерода, структуру и свойства углеродных наноматериалов; Умеет: - использовать различные источники информации для получения сведений о новейших исследованиях в области углеродных наноматериалов; Владеет: - навыками подготовки аналитических обзоров современной научной литературы в области углеродных наноматериалов в устной форме.	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за реферативно-аналитическую работу №1.
Раздел 2	Знает: возможности использования углеродных наноматериалов; Умеет: критически анализировать научные публикации; Владеет: навыками подготовки аналитических обзоров современной научной литературы в области углеродных наноматериалов в письменной форме.	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за реферативно-аналитическую работу №2.

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

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

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

- Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

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

**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

«Химическая связь в наноструктурированных материалах и наносистемах»

Направление подготовки

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки

«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена д.ф.-м.н, Зав. кафедрой наноматериалов и нанотехнологии, доцентом Родиным А.О.

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 – бакалавриат по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *наноматериалов и нанотехнологии* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Химическая связь в наноструктурированных материалах и наносистемах»** относится к элективным дисциплинам вариативной части учебного плана и входит в специальные дисциплины. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют базовую подготовку по фундаментальным дисциплинам физико-математической, химической и химико-технологической направленности.

Цель дисциплины – приобретение студентами знаний в описания и предсказания химических связей в объектах, имеющих как атомарную, так и молекулярную структуру. Описание химической связи рассматривается как в газовой так конденсированных фазах, включая связь между химическими связями и кристаллическими решетками.

Задачи дисциплины – формирование у обучающихся знаний и умений, связанных с расчетами характеристик химических связей, причин формирования определенных структур, способов оценки устойчивости систем.

Дисциплина **«Химическая связь в наноструктурированных материалах и наносистемах»** преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК
ПК-1 Способен использовать на практике знания об основных типах металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	– ПК-1.1 Знает основные типы металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов
ПК-2 Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания	- ПК-2.1 Знает основные принципы и методики комплексных исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания

ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработки новых и совершенствования действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	ПК-5.3 Владеет методами разработки новых и совершенствования действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноструктурированных материалов и составления научно-технической документации в области наноматериалов и наносистем

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

– *Знать:*

Квантово-механическое обоснование химической связи;

основные положения метода валентных связей и метода молекулярных орбиталей;

связь между типами химической связи и свойствами молекул;

связь между типами химической связи и свойствами кристаллов;

– *Уметь:*

Решать базовые задачи квантовой механики, использовать базовые принципы;

Использовать метод ЛКАО-МО для простых молекул;

Строить молекулярные диаграммы;

Предсказывать характеристики конденсированных фаз на основе квантово-механических расчетов.

– *Владеть:*

Навыками определения параметров гетерополярных молекул и ионных кристаллов на основе результатов измерений физических характеристик;

Навыками использования квантово-химических расчетов для предсказания свойств наносистем.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	36
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	3
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	12
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	6
Самостоятельная работа	1,22	44	99
в том числе в форме практической подготовки	0,56	20	36
Контактная самостоятельная работа	1,22	8	9

Самостоятельное изучение разделов дисциплины		36	63
в том числе в форме практической подготовки	0,56	20	36
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
1.	Раздел 1. Основы квантовой химии.	22	0	8	8	0	6
1.1	Введение. История развития квантовой механики. Основные постулаты и эффекты	5	0	2	2	0	1
1.2	Уравнение Шредингера. Свободная и не свободная частица.	5	0	2	2	0	1
1.3	Простейшие задачи квантовой механики.	6	0	2	2	0	2
1.4	Атом водорода и связанные с ним задачи	6	0	2	2	0	2
2.	Раздел 2. Ковалентная связь.	34	0	10	10	0	14
2.1	Метод валентных связей. Молекулярный ион H_2^+ . Связывающие и разрыхляющие орбитали	6	0	2	2	0	2
2.2	Применение метода валентных связей для расчета энергии связи в молекуле H_2 . Волновые функции для данной молекулы. Кулоновский, резонансный интегралы и интеграл не ортогональности. Симметричная и антисимметричная волновые функции	6	0	2	2	0	2
2.3	Насыщаемость направленность связи, Гибридизация атомарных орбиталей. sp , sp^2 , sp^3 . Гибридизация с участием d -орбиталей. Заполнение гибридных орбиталей неподеленными парами электронов	6	0	2	2	0	2
2.4	Образование кратных связей; σ - и π -связи, их особенности. Делокализованные π -связи. Метод Гиллеспи.	6	0	2	2	0	2
2.5	Применение метода молекулярных орбиталей для расчета свойств органических молекул. Метод Хюккеля. Молекулярные диаграммы.	10	0	2	2	0	6

3	Раздел 3. Гетерополярная связь. Межмолекулярные взаимодействия.	24	0	8	8	0	8
3.1	Ионная связь в молекулах и кристаллах. Постоянная Моделунга	6	0	2	2	0	2
3.2	Влияние связи на тип решетки	6	0	2	2	0	2
3.3	Энергии индукционного, дисперсионного и ориентационного взаимодействия между молекулами. Конденсация.	6	0	2	2	0	2
3.4	Адсорбционное взаимодействие. Ион-молекулярное взаимодействие в растворах. Водородная связь	6	0	2	2	0	2
4	Раздел 4. Металлы, полупроводники, изоляторы	20	0	6	6	0	8
4.1	Типы связи в кристаллах. Ширина запрещенной зоны.	6	0	2	2	0	2
4.2	Металлы	6	0	2	2	0	2
4.3	Полупроводники	8	0	2	2	0	4
	ИТОГО	100	0	32	32	0	36
	Зачет с оценкой	8					8
	ИТОГО	108					

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основы квантовой химии.

Введение. История развития квантовой механики. Основные постулаты и эффекты

Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна. Фотоэлектронная спектроскопия. Эффект Комптона. Спектр атома водорода. Уравнения Бальмера и Ридберга. Теория строения атома Н. Водородоподобные атомы. Расчет энергии выхода электрона из металла, постоянной Ридберга, скорости движения электрона, энергии и радиуса орбиты для электрона, энергия ионизации атома водорода.

Уравнение Шредингера. Свободная и не свободная частица.

Уравнение Луи де Бройля. Волновая функция и ее свойства. Волновые свойства микрочастиц. Одномерная и трехмерная потенциальные ямы. Потенциальный барьер.

Простейшие задачи квантовой механики.

Квантово-механический осциллятор, жесткий ротатор. Понятие о среднем и наиболее вероятном положении.

Атом водорода и связанные с ним задачи

Решение уравнения Шредингера для атомов водорода и гелия. Квантовые числа. Радиальная и угловая составляющие волновой функции.

Наиболее вероятное расстояние электрона. Расчет средних величин: среднее расстояния электрона от ядра, среднего потенциала и средней силы взаимодействия электрона с ядром.

Раздел 2. Ковалентная связь.

Метод валентных связей. Молекулярный ион H_2^+ . Волновые функции для данной молекулы. Связывающие и разрыхляющие орбитали. Энергия связи. Зависимость от расстояния.

Применение метода валентных связей для расчета энергии связи в молекуле H_2 . Волновые функции для данной молекулы. Кулоновский, резонансный интегралы и интеграл не ортогональности. Симметричная и антисимметричная волновые функции

Насыщаемость направленность связи, Гибридизация атомарных орбиталей. sp , sp^2 , sp^3 Гибридизация с участием d -орбиталей. Заполнение гибридных орбиталей неподеленными парами электронов

Образование кратных связей; σ - и π -связи, их особенности. Делокализованные π -связи. Метод Гиллеспи.

Основные положения метода молекулярных орбиталей (ЛКАО-МО). Применение ЛКАО-МО для описания молекулы водорода. Связывающие и разрыхляющие орбитали. Применение метода молекулярных орбиталей для описания свойств гомеополарных молекул и гетерополарных молекул.

Применение метода молекулярных орбиталей для расчета свойств органических молекул. Метод Хюккеля. Молекулярные диаграммы

Раздел 3. Гетерополярная связь.

Энергия связи (ионная связь). Электроотрицательность атомов. Методы нахождения постоянных в уравнении энергии связи. Ионные кристаллы. Энергия образования ионных кристаллов. Постоянная Маделунга.

Энергии индукционного, дисперсионного и ориентационного взаимодействия между молекулами. Конденсация.

Потенциал Леннарда-Джонса (потенциал 6-12) Ион-молекулярное взаимодействие в растворах. Водородная связь

Раздел 4. Металлы, полупроводники, изоляторы

Типы связи в кристаллах. Ширина запрещенной зоны. Общая классификация.
Металлы. Теорема Блоха. Теплоемкость и электропроводность металлов
Полупроводники. Собственная и примесная проводимость. Легирование
полупроводников. Способы изменения ширины запрещенной зоны.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
Знать:					
1	Квантово-механическое обоснование химической связи;	+	+		+
2	основные положения метода валентных связей и метода молекулярных орбиталей;		+		
3	связь между типами химической связи и свойствами молекул;		+	+	
4	связь между типами химической связи и свойствами кристаллов;		+	+	+
Уметь:					
6	Решать базовые задачи квантовой механики, использовать базовые принципы;	+	+		
7	Использовать метод ЛКАО-МО для простых молекул;		+		
8	Строить молекулярные диаграммы;		+		
9	Предсказывать характеристики конденсированных фаз на основе квантово-механических расчетов.	-	+	+	+
Владеть:					
11	– Навыками определения параметров гетерополярных молекул и ионных кристаллов на основе результатов измерений физических характеристик;	-	+	+	+
12	– Навыками использования квантово-химических расчетов для предсказания свойств наносистем.			+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК			
13	ПК-1 Способен использовать на практике знания об основных типах металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	– ПК-1.1 Знает основные типы металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов			+

14	ПК-2 Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания	- ПК-2.1 Знает основные принципы и методики комплексных исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания	+	+	+	+
15	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработки новых и совершенствования действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	ПК-5.3 Владеет методами разработки новых и совершенствования действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноструктурированных материалов и составления научно-технической документации в области наноматериалов и наносистем		+	+	+

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	Экспериментальные предпосылки построения квантово-механического подхода	2
2	Раздел 1	Расчет вероятности нахождения частицы в различных областях потенциальной ямы, вероятности прохождения частицы через потенциальный барьер различной формы.	2
3	Раздел 1	Решение уравнения Шредингера для атомов водорода и гелия. Квантовые числа. Радиальная и угловая составляющие волновой функции.	
4	Раздел 1	Наиболее вероятное расстояние электрона. Расчет средних величин: среднее расстояния электрона от ядра, среднего потенциала и средней силы взаимодействия электрона с ядром.	
5	Раздел 2	Расчет и построение зависимости энергии связи между ядрами в ионе-молекулы водорода от расстояния между ядрами. Построение молекулярных орбиталей.	2
6	Раздел 2	Расчет и построение зависимости энергии связи между ядрами в ионе-молекулы водорода от расстояния между ядрами. Построение молекулярных орбиталей.	2
7	Раздел 2	Построение sp , sp^2 , sp^3 гибридных орбиталей. Сравнение энергий связи атомов в молекуле при гибридизации атомарных орбиталей.	
8	Раздел 2	Расчет энергии делокализации π -связи. Применения метода Гиллеспи для определения геометрии молекул. Расчет энергии обменного взаимодействия в молекуле водорода. Расчет энергии связи и молекулярных функций методом молекулярных орбиталей.	
9	Раздел 2	Расчет энергии связи и молекулярных функций методом молекулярных орбиталей в гетерополярных молекулах. Расчет порядка связи, индекса свободной валентности, избыточного заряда и дипольного момента. Построение молекулярных диаграмм.	
10	Раздел 3	Расчет константы жесткости и энергии связи в гетерополярных молекулах	2
11	Раздел 3	Расчет энергии связи и энергии образования ионных кристаллов с использованием данных о сжимаемости и геометрии кристалла	2
12	Раздел 3	Расчет энергии индукционного, дисперсионного и ориентационного взаимодействия между молекулами.	2
13	Раздел 3	Расчет энергии адсорбционного взаимодействия молекул с адсорбентом в различных моделях.	2

		Водородная связь с растворах.	
14	Раздел 4	Типы связи в кристаллах. Ширина запрещенной зоны. Общая классификация.	2
15	Раздел 4	Металлы. Теорема Блоха. Теплоемкость и электропроводность металлов	2
16	Раздел 4	Полупроводники. Собственная и примесная проводимость. Легирование полупроводников. Способы изменения ширины запрещенной зоны.	2

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Химическая связь в наноструктурированных материалах и наносистемах» не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- поиск материалов по теме;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами и электронными базами данных;
- выполнение домашних заданий;
- Выполнение работ на тренажерах и обработку результатов, на них полученных.

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 тесты (3 теста по 15 баллов), выполнение домашнего задания (25 баллов), зачетной работы (30 баллов). Зачет с оценкой проставляется по итогу выполнения всех заданий по следующей схеме:

Оценка «отлично» ставится если набрано 85 и более баллов;

Оценка «хорошо» ставится если набрано 70 и более баллов, при этом за зачетную работу набрано не менее 15 баллов;

Оценка «удовлетворительно» ставится если набрано 50 и более баллов;

Оценка «неудовлетворительно» ставится если набрано менее 50.

Зачетную работу можно не писать, если набранные баллы в семестре удовлетворяют студента. При этом ставится оценка удовлетворительно.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы. Не предусмотрено

8.2. Примеры контрольных вопросов (проверка) для текущего контроля освоения дисциплины

Тест №1

Сформулируйте основные постулаты квантовой механики.

Опишите пример противоречия, требующего пересмотра классического подхода в физике.

Запишите уравнение Шредингера для свободной частицы.

Какова вероятность для электрона преодолеть барьер шириной 10^{-10} м если его энергия на 2 эВ меньше, чем высота барьера.

Для 1s орбитали атома водорода определите среднее значение потенциала взаимодействия электрона с атомом.

Домашнее задание № 1

Постройте молекулярную диаграмму молекулы бутодiena (варианты по разным молекулам и радикалам)

Тест № 2

1. На основании, каких данных можно рассчитать энергию связи атомов в гетерополярной двухатомной молекуле? Что называют электроотрицательностью по Полингу?

2. Как, используя понятия электроотрицательности, определить какой из двух атомов в гетероядерной молекуле будет катионом или анионом? Ответ обоснуйте.

3. Запишите уравнение для расчета энергии в гетерополярной молекуле. На основании, каких данных можно найти постоянные, входящие в это уравнение?

4. Рассчитайте энергию образования из атомов молекулы $A+B^-$, если $I_A = 6,2$ эВ, $A_B = 2,42$ эВ, $r_0 = 1,9$ А, $n = 9$.

5. Рассчитайте энергию образования из атомов молекулы $RuBr$, если $I_{Ru} = 7,2$ эВ, $A_{Br} = 3,42$ Дж/ моль, $r_0 = 2,9$ А, $n = 9$.

6. Покажите, что, зная частоту колебания атомов в двухатомной гетерополярной молекуле и равновесное расстояние между атомами, можно найти энергию связи.

7. Дайте определения потенциалу ионизации, сродству к электрону и электроотрицательности атома.

8. Рассчитайте энергию связи в молекуле $A+B^-$, если равновесное расстояние между ядрами равно 2,3 ангстрема, $\omega = 400$ см⁻¹.

9. Запишите уравнение для расчета энергии решетки ионного кристалла. На основании, каких данных можно найти постоянные, входящие в это уравнение?

10. Покажите, что, используя цикл Борна-Хаберна, можно найти энергию сродства электрона к атому.

11. Покажите, как, используя экспериментальные данные, можно рассчитать энергию ионного кристалла.

12. Рассчитайте энергию решетки $NaCl$ тв, если известны следующие величины: постоянная Маделунга равна 1,75

период решетки 5,628 ангстрема, относительная сжимаемость 42,73 Па⁻¹.

Тест № 3

1. Оцените электропроводность меди по данным о подвижности электрона (1500 см²/(В*с))

2. Оцените собственную проводимость кремния при $T = 300$ К (подвижность электрона 1500 см²/(В*с), подвижность дырки 200 см²/(В*с))

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (зачет с оценкой)

По дисциплине «Химическая связь в наноструктурированных материалах и наносистемах» экзамен не предусмотрен учебным планом. Зачет с оценкой проводится в форме письменного опроса по всем темам и представляет собой 3 задания, каждый из которых – вопрос из темы теста или домашнего задания, не требующих большого расчетного времени.

Пример:

1. Запишите вековой определитель для молекулы H_3 в треугольной и линейной формах
2. Какие характеристики молекул надо знать, чтобы рассчитать энергию связи между молекулами, используя уравнение Леннарда-Джонса?
3. Чем определяется металлическое или полупроводниковое состояние Sn.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Яцимирский К. Б. , Яцимирский В. К. Химическая связь: учебник. Киев: Вища школа, 1975 , 304 стр.
2. Краснов В.С. Физическая химия. Т.1 2012 г.

Б. Дополнительная литература

Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия, М. Металлургия, 1999.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

Для реализации данной дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения:

- компьютерные презентации к лекционным занятиям, общее число слайдов – более 100;
- раздаточный материал по лекциям

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 «Химическая связь в наноструктурированных материалах и наносистемах» 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:

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

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 Разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы квантовой химии.	<i>Знает:</i> -Квантово-механическое обоснование химической связи; <i>Умеет:</i> - Решать базовые задачи квантовой механики, использовать базовые принципы;	Тест 1; Зачетная работа
Раздел 2. Ковалентная связь.	<i>Знает:</i> основные положения метода валентных связей и метода молекулярных орбиталей; <i>Умеет:</i> Использовать метод ЛКАО-МО для простых молекул; Строить молекулярные диаграммы;	ДЗ1 Зачетная работа
Раздел 3. Гетерополярная связь.	<i>Знает:</i> связь между типами химической связи и свойствами молекул; связь между типами химической связи и свойствами кристаллов; <i>Умеет:</i> Предсказывать характеристики конденсированных фаз на основе квантово-механических расчетов. - <i>Владеет:</i> Навыками определения параметров гетерополярных молекул и ионных кристаллов на основе результатов измерений физических характеристик;	Тест 2; Зачетная работа
Раздел 4. Металлы, полупроводники, изоляторы	<i>Знает:</i> связь между типами химической связи и свойствами молекул; связь между типами химической связи и свойствами кристаллов; <i>Умеет:</i> - Предсказывать характеристики конденсированных фаз на основе квантово-механических расчетов <i>Владеет</i> Навыками определения параметров гетерополярных молекул и ионных кристаллов на основе результатов измерений физических характеристик; – Навыками использования квантово-химических расчетов для	Тест 3; Зачетная работа

	предсказания свойств наносистем.	

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
«Химическая связь в наноструктурированных материалах и наносистемах»
основной образовательной программы
Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки – «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»

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

«ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ»

**Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов**

**Профиль подготовки - «Материаловедение и технологии
наноматериалов и наносистем»**

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена к.х.н. доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии
Белозёровой Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

«14» мая 2025 г., протокол №11.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) бакалавриата по направлению подготовки **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»**, рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина относится к вариативной части обязательных дисциплин учебного плана, к блоку (Б1.В.02). Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют базовую подготовку по программе средней школы.

Цель дисциплины: приобретение студентами знаний в области наук о наноматериалах и нанотехнологии, наиболее ярких достижений в этой области, стимулирование интереса к будущей специальности.

Задачи дисциплины:

формирование у обучающихся знаний в области нанотехнологии и наноматериалов;

знакомство обучающихся с наиболее значимыми достижениями в области нанотехнологии и науки о наноматериалах;

стимулирование у обучающихся интереса к будущей специальности.

Дисциплина **«Введение в специальность»** преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Введение в специальность»** при подготовке бакалавров по направлению подготовки **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»** направлено на формирование следующих компетенций:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и	- основные типы металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества металлических, неметаллических и композиционных материалов и	ПК-1 Способен использовать на практике знания об основных типах металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	ПК-1.1. Знает основные типы металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов ПК-1.3. Владеет методами поиска и анализа информации об основных типах материалов и о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и

физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе.			модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества	ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	ПК-4.1. Знает основные типы наноматериалов и наносистем и их свойства, способы их анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6)

результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред;			В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

знать:

- наиболее известные типы наноматериалов и наноструктур, их строение и основные свойства;
- наиболее яркие достижения в области нанотехнологии и химической технологии наноматериалов;
- имеющиеся на сегодняшний день и возможные в будущем области применения различных видов наносистем и наноматериалов;

уметь:

- видеть возможности применения новых наноматериалов и наносистем в различных областях техники и медицины;
- ориентироваться в литературе, посвященной применению наноматериалов и нанотехнологии;

владеть:

- методами представления сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде устных докладов и презентаций.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4,0	144
Контактная работа – Аудиторные занятия:	1,33	48
Лекции (Лек)	0,89	32
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16
Самостоятельная работа (СР):	2,67	96
Контактная самостоятельная работа	2,67	0,4
Самостоятельная проработка разделов дисциплины		95,6
Вид контроля: зачет с оценкой	-	-

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В астроном. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	4,0	108
Контактная работа – Аудиторные занятия:	1,33	36
Лекции (Лек)	0,89	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	12
Самостоятельная работа (СР):	2,67	72
Контактная самостоятельная работа	2,67	0,3
Самостоятельная проработка разделов дисциплины		71,7
Вид 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
1.	Раздел 1. Общие вопросы нанотехнологии и технологии наноматериалов	30	4	10	5	4	25
1.1	Введение. История развития науки о наноматериалах и нанотехнологии. Перспективы наноматериалов	6	1	2	1	1	5
1.2	Уникальные свойства наноматериалов. Размерный эффект. Наночастицы в окружающей среде	12	1	4	2	1	10
1.3	Методы визуализации и анализа наноматериалов	6	1	2	1	1	5
1.4	Организация научных исследований. Ведущие вузы и научные организации в области нанотехнологии и наноматериалов. Программы развития нанотехнологии и наноматериалов	6	1	2	1	1	5
2.	Раздел 2. Примеры наноматериалов и их роль в современном обществе	63	-	22	11	-	60
2.1	Углеродные наноматериалы - современное состояние и перспективы	6	-	2	1	-	10
2.2	Нанотехнологии и наноматериалы в электронике	6	-	2	1	-	5
2.3	Наноматериалы для создания лекарственных средств	11	-	4	2	-	10
2.4	Магнитные наноматериалы	6	-	2	1	-	5
2.5	Консолидированные наноматериалы	11	-	4	2	-	10
2.6	Современные композиционные материалы и нанокompозиты	6	-	2	1	-	5
2.7	Нанопокрывтия с уникальными свойствами	6	4	2	1	4	5

2.8	Нanomатериалы для решения экологических проблем	11		4	2		10
	ИТОГО	93		32	16		75
	Подготовка к зачету	15		-	-		21
	ИТОГО	108		32	16		96

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Общие вопросы нанотехнологии и технологии наноматериалов.

1.1. Введение. История развития науки о наноматериалах и нанотехнологии. Перспективы наноматериалов.

Масштаб нанообъектов. Определение нанотехнологии и наноматериалов. Особые свойства нанообъектов. Роль межфазных границ.

Наноматериалы в древности и Средневековье. Наноматериалы в новое время, Майкл Фарадей и золи золота. Наноматериалы и нанотехнологии в 20 веке. Р. Фейнман - принципиальная возможность создания нанообъектов путем сборки атом за атомом. Книга Э. Дрекслера. Разработка методов анализа и визуализации наночастиц. Ультрадисперсные порошки. Национальная нанотехнологическая инициатива США. Бурное развитие нанотехнологии в 21 веке.

1.2. Уникальные свойства наноматериалов. Размерный эффект. Наночастицы в окружающей среде.

Поверхностная энергия, поверхностное натяжение. Определение размерного эффекта.

Примеры влияния размера наночастиц на условия (температуру, давление) фазовых переходов, оптические свойства, механические свойства наноматериалов, реакционную способность, каталитические свойства, магнитные свойства, биологические свойства (токсичность). Защита от наночастиц.

Наночастицы в окружающей среде. Наночастицы в космосе, в гидросфере, литосфере и атмосфере. Природные наноматериалы. Биологические наноструктуры.

1.3. Методы визуализации и анализа наноматериалов.

Просвечивающая электронная микроскопия. Сканирующая (растровая) электронная микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Физические основы методов, устройство приборов, требования к образцам и условиям анализа, примеры изображений.

1.4. Организация и финансирование научных исследований. Ведущие вузы и научные организации в области нанотехнологии и наноматериалов. Программы развития нанотехнологии и наноматериалов.

Организация научных исследований в России. Примеры научных организаций и ведущих вузов. Научные базы данных и научные журналы. Финансирование научных исследований в России, грантовая система. Приоритетные направления развития науки, техники и технологий в РФ. Федеральная целевая программа, Российский фонд фундаментальных исследований, Российский научный фонд. Программы для молодых ученых и предпринимателей. Программы развития нанотехнологии и наноматериалов в России. Деятельность РОСНАНО.

Раздел 2. Примеры наноматериалов и их роль в современном обществе.

2.1. Углеродные наноматериалы - современное состояние и перспективы.

Графен, наноалмазы, фуллерены, углеродные нанотрубки. Открытие, структура, основные физические и химические свойства, методы получения. Существующие и перспективные области применения.

2.2. Нанотехнологии и наноматериалы в электронике.

Прогресс в микроэлектронике, закон Мура. Основные этапы технологии интегральных микросхем. Планарная технология формирования элементов микросхем, фотолитография. Характеристика технологического процесса как показатель прогресса в области микроэлектроники. Физические и экономические ограничения микроэлектроники. Наноэлектроника.

Полупроводниковые наноструктуры. Квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки. Методы получения квантовых точек. Современные и перспективные области применения квантовых точек.

2.3. Наноматериалы для создания лекарственных средств.

Перспективные направления применения наноматериалов в медицине: имплантируемые устройства, имплантируемые материалы, материалы и устройства для хирургии, диагностика и визуализация, фармацевтика.

Наночастицы и наноматериалы в фармацевтике. Наноструктуры для направленного транспорта лекарственных веществ: неорганические наночастицы, полимерные наноструктуры, липосомы. Строение липосом, достоинства липосомальных форм, получение липосом.

Применение наноматериалов для лечения - наночастицы золота для фотодинамической терапии, магнитные наночастицы для магнитно-жидкостной гипертермии, липосомные препараты и др.

2.4. Магнитные наноматериалы.

Основные свойства ферромагнетиков. Зависимость коэрцитивной силы от размера частиц. Магнитомягкие наноматериалы. Магнитные наноматериалы для записи информации. Магнитные жидкости. Получение магнитных наночастиц. Примеры применения магнитных и магнитореологических жидкостей в технике. Биомедицинское применение магнитных наночастиц. Магнитопласты.

2.5. Консолидированные наноматериалы.

Определение консолидированных наноматериалов. Роль межзеренных границ. Основные методы получения консолидированных наноматериалов.

Нанопорошки. Основные методы получения нанопорошков. Получение нанопорошков в плазме. Получение нанопорошков золь-гель методом. Масштабы и перспективы промышленного производства нанопорошков.

Методы компактирования нанопорошков - спекание под давлением, горячее изостатическое прессование. Порошковая металлургия. Применение материалов, полученных методами порошковой металлургии.

Керамика и нанокерамика. Получение нанокерамики. Основные виды нанокерамики. Сферы применения нанокерамики. Нанокерамика в медицине. Бронекерамика. Оптически прозрачная керамика.

Методы интенсивной пластической деформации (ИПД) для получения металлических наноматериалов. Кручение под высоким давлением. Равноканальное угловое прессование (РКУ-прессование). Всесторонняя ковка (прессование) с многократной сменой оси деформации. Особенности наноструктурных материалов, полученных методами ИПД.

Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния. Метод спиннингования для получения нанокристаллических металлических сплавов. Стекла с наночастицами металлов. Ситаллы или стеклокерамика, структура и основные свойства. Получение ситаллов. Примеры применения ситаллов.

2.6. Современные композиционные материалы и нанокомпозиты

Определение и основные характеристики композиционных материалов. Компоненты композиционных материалов. Виды матриц и наполнителей. Перламутр - природный композит. Примеры композитов с разными наполнителями. Препреги.

Нанокомпозиты. Углепластик с астраленами. Бетон с наночастицами различного состава. Полимерные композиты с наночастицами серебра. Нанокомпозиты полимер/органоглина - структура и получение. Наночастицы как замедлители горения полимерных материалов.

2.7. Наноструктурированные покрытия с уникальными свойствами

Цели нанесения покрытий. Электрохимическое нанесение металлических покрытий, примеры гальванических покрытий. PVD-методы получения покрытий. Вакуумно-дуговое испарение (дуговое напыление). Магнетронное распыление. CVD-методы получения покрытий.

Износостойкие наноструктурированные покрытия режущего инструмента. Градиентные покрытия. Двухфазные наноструктурированные покрытия. Композиционные хром-алмазные износостойкие покрытия.

Наноструктурированные покрытия для придания новых функциональных свойств. Эффект лотоса и супергидрофобные нанопокртия. Энергосберегающее стекло. Терморегулирующие покрытия для космических аппаратов. Молниезащитные покрытия в авиации. Радиопоглощающие покрытия с наночастицами. Радиопоглощающие ткани с наноструктурами. Покрытия для бетона с наночастицами TiO_2 для самоочистки. Другие покрытия с наночастицами.

2.8. Наноматериалы для решения экологических проблем.

Основные глобальные экологические проблемы современности. Проблема загрязнения воды. Наноматериалы для очистки и опреснения воды фильтрационными методами. Мембраны как наноматериалы. Ультрафильтрация, нанофильтрация и обратный осмос.

Наноматериалы для сорбционной очистки загрязненных вод - углеродные нанотрубки, магнитные наночастицы, наноматериалы для сорбции радионуклидов. Проблема загрязнения воздуха. Наноматериалы для фотокаталитической очистки воздуха. Фотокаталитический фильтр.

Поиск новых источников энергии, развитие энергетики. Топливные элементы. Схемы водородного и метанольного топливного элемента. Наноматериалы в качестве мембран для топливных элементов. Наноматериалы как катализаторы для топливных элементов.

Солнечные батареи, принцип работы фотоэлемента. Материалы для солнечных батарей. Наноматериалы для фотовольтаики.

Перспективы нанотехнологии и наноматериалов в России. Потенциальные риски нанотехнологии. Оценка потенциальной опасности наноматериалов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:	Разделы	
	1	2
Знать:		
наиболее известные типы наноматериалов и наноструктур, их строение и основные свойства;	-	+
наиболее яркие достижения в области нанотехнологии и химической технологии наноматериалов;	+	+
имеющиеся на сегодняшний день и возможные в будущем области применения различных видов наносистем и наноматериалов	+	+
Уметь:		
видеть возможности применения новых наноматериалов и наносистем в различных областях техники и медицины	-	+
ориентироваться в литературе, посвященной применению наноматериалов и нанотехнологии	+	+
Владеть:		
методами представления сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде устных докладов и презентаций	+	+
Код и наименование ПК		
ПК-1 Способен использовать на практике знания об основных типах металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	+	+
ПК-4 Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Предусмотрены практические занятия обучающегося в бакалавриате в объеме в объеме 16 акад. часов (0,44 зач. ед.).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	История развития науки о наноматериалах и нанотехнологии. Перспективы наноматериалов.	1
2	Раздел 1	Уникальные свойства наноматериалов. Примеры размерного эффекта. Наночастицы в окружающей среде.	2
3	Раздел 1	Развитие методов визуализации и анализа наноматериалов	1
4	Раздел 1	Организация научных исследований. Ведущие вузы и научные организации в области нанотехнологии и наноматериалов. Программы	1

		развития нанотехнологии и наноматериалов.	
5	Раздел 2	Углеродные наноматериалы - современное состояние и перспективы.	1
6	Раздел 2	Нанотехнологии и наноматериалы в электронике.	1
7	Раздел 2	Наноматериалы для создания лекарственных средств.	2
8	Раздел 2	Магнитные наноматериалы и их применение.	1
9	Раздел 2	Консолидированные наноматериалы для техники и строительства.	2
10	Раздел 2	Современные композиционные материалы и нанокompозиты	1
11	Раздел 2	Наноструктурированные покрытия с уникальными свойствами	1
12	Раздел 2	Наноматериалы для энергетики и решения экологических проблем.	1
13	Раздел 2	Оценка потенциальной опасности наноматериалов	1

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине *«Введение в специальность»* не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины *«Введение в специальность»* предусмотрена самостоятельная работа студента бакалавриата в объеме 60 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);
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами и электронными базами данных;
- подготовку к сдаче зачета по дисциплине.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Текущий контроль освоения материала проводится в форме контроля работы студента на практических занятиях – проведения контрольных работ в форме тестов и подготовки докладов по предложенным темам (предусмотрено 2 обязательных доклада). Максимальная оценка за один доклад составляет 5 баллов, всего за доклады предусмотрено 10 баллов.

Примерные темы для докладов на практических занятиях.

Раздел 1. Общие вопросы нанотехнологии и наноматериалов.

1. Майкл Фарадей: биография и научные достижения.
2. За что дали нобелевскую премию Жоресу Алферову?

3. Наномоторы и наномашины.
4. Получение наночастиц золота и серебра
5. Катализаторы с наночастицами в нефтепереработке
6. Наночастицы в природе
7. История создания сканирующего туннельного микроскопа
8. История создания просвечивающего электронного микроскопа
9. Фирма NT-MDT (Зеленоград, Россия), ее история, ее сегодняшняя деятельность, продукция, вакансии, условия работы
10. Научные исследования и разработки, которые изменили мир (электричество, атомная энергия, самолет, телевизор, телефон, полимеры, алюминий, титан и т.д.) – история открытия, исследования, финансовой поддержки, внедрения в практику
11. Национальная нанотехнологическая инициатива США – подробности
12. Крупные научные центры в области НАНО

Раздел 2. Примеры наноматериалов и их роль в современном обществе.

1. Получение графена и перспективы его применения
2. Перспективы применения фуллеренов
3. Перспективы применения углеродных нанотрубок
4. Закон Мура и его физические ограничения
5. Перспективы микроэлектроники, квантовый компьютер
6. Примеры методик коллоидного синтеза квантовых точек
7. Современные методы протезирования слуха, микро- и наноустройства
8. Современные методы протезирования конечностей, применение для этого наноматериалов
9. Применение наночастиц серебра в медицине
10. История открытия и исследования липосом
11. Фотодинамическая терапия, в том числе в лечении рака
12. Липосомы для лечения рака
13. История разработки магнитных жидкостей
14. Магнитные жидкости для космоса
15. Экзоскелет
16. Порошковая металлургия
17. Методы получения нанопорошков
18. Применение нитинола
19. Производство нанокерамики
20. Нанокерамика для медицины
21. Нанокерамика для брони (бронекерамика)
22. Прозрачная нанокерамика
23. Производство и применение ситаллов
24. Композиты в авиастроении
25. Спортивный инвентарь из композиционных материалов
26. Производство препрегов в России
27. Полимеры с НЧ серебра
28. Покрытия с наноалмазами
29. Энергосберегающие стекла
30. История разработки износостойких покрытий для режущих инструментов
31. История и перспективы «стелс»-технологий
32. Очистка воды от нефтепродуктов с помощью наноматериалов
33. Производство мембран для ультра- и нанофильтрации в России
34. Наноматериалы для очистки воздуха
35. Типы топливных элементов, их эффективность и области применения

36. Перспективы солнечной энергетики в России.
37. Экологическая опасность массового производства наноматериалов.
38. Проблема трансгуманизма и предполагаемая роль нанотехнологии и наноматериалов

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за первую контрольную работу составляет 15 баллов, за вторую контрольную работу – 35 баллов, всего за две контрольные работы – 50 баллов.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка 15 баллов. Контрольная работа в виде теста содержит 25 вопросов, по 0,6 балла за вопрос.

Вопрос 1. Размер в несколько нанометров характерен для:

1) блох и других мелких паразитов; 2) болезнетворных бактерий; 3) биологических наноструктур, например двойной спирали ДНК; 4) атома водорода.

Вопрос 2. В состав рубинового стекла средневековые мастера вводили частицы

1) золота; 2) серебра; 3) меди; 4) свинца.

Вопрос 3. За что была присуждена Нобелевская премия Ж.И.Алферову?

1) за синтез наночастиц золота 2) за книгу «Машины создания», 3) за разработку полупроводниковых гетероструктур, 4) за создание туннельного микроскопа

Вопрос 4. Размерный эффект в технологии наноматериалов - это изменение:

1) свойств нанобъектов в зависимости от размера элементов их структуры; 2) размера нанобъектов в зависимости от внешних условий; 3) свойств нанобъектов в зависимости от внешних условий; 4) размера нанобъектов в зависимости от состава

Вопрос 5. Для золей золота – с увеличением дисперсности золей (т.е. с уменьшением размера частиц) цвет:

1) меняется от синего к красному; 2) меняется от зеленого к желтому; 3) меняется от черного к белому; 4) не меняется, т.к. не изменяется химический состав.

Вопрос 6. Токсичность наночастиц может быть обусловлена;

1) токсичностью самого вещества; 2) наноразмерами, в то время как само вещество химически инертно и в виде макрочастиц не токсично; 3) каталитическим действием наночастиц; 4) все перечисленное выше.

Вопрос 7. Изображение в растровом (сканирующем) электронном микроскопе формируется за счет

1) дифракции электронов, 2) дифракции рентгеновских лучей, 3) анализа вторичных электронов, 4) анализа прошедших сквозь образец электронов.

Вопрос 8. Кто является создателями зондовой микроскопии?

1) Новоселов и Гейм; 2) Жорес Алферов; 3) Рорер и Биннинг; 4) Ричард Фейнман

Вопрос 9. НИОКР расшифровывается как

1) Нанотехнологическая инициатива в России, 2) Научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, 3) Национальные исследовательские оборонные конструкторские работы, 4) Научная и общественная коммерциализация результатов.

Вопрос 10. Цель деятельности Российского научного фонда (РНФ)?

1) финансовая поддержка фундаментальных исследований 2) организационная поддержка подготовки научных кадров 3) поддержка развития научных коллективов 4) правильный ответ включает всё вышеперечисленное

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка 35 баллов. Контрольная работа в виде теста содержит 35 вопросов, по 1,0 баллу за вопрос.

Вопрос 1. Атомы С в составе графена имеют:

1) sp^3 -гибридизацию; 2) sp^2 -гибридизацию; 3) sp -гибридизацию; 4) промежуточную между sp^3 и sp^2

Вопрос 2. Детонационные наноалмазы получают:

1) каталитическим пиролизом углеводородов; 2) методом взрыва смеси гексогена и тринитротолуола; 3) сжиганием графитовых электродов в электрической дуге; 4) растворением сажи в бензоле

Вопрос 3. Закон Мура - эмпирическое наблюдение, изначально сделанное Гордоном Муром, согласно которому количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы:

1) удваивается каждые 6 месяцев; 2) удваивается каждые 24 месяца; 3) удваивается каждые 6 лет; 4) удваивается каждые 10 лет

Вопрос 4. Помещая тонкий слой полупроводника с узкой запрещенной зоной между двумя слоями материала с более широкой запрещенной зоной, и тем самым ограничивая движение электрона по одной координате, получают:

1) квантовую точку; 2) квантовую яму; 3) квантовый барьер; 4) квантовую нить

Вопрос 5. Наномедицина включает

1) диагностику и лечение заболеваний, 2) профилактику, диагностику и лечение заболеваний, 3) лечение и протезирование, 4) диагностику, лечение, протезирование и имплантирование различных устройств

Вопрос 6. Основу структуры липосом составляет:

1) липидный монослой; 2) липидный бислой; 3) тройной слой липидных молекул.

Вопрос 7. Из полимерных структур для транспорта лекарственных веществ чаще всего используют

1) полимерные волокна, 2) полимерные сферы, стержни и нити, 3) полимерные нити, 4) полимерные наночастицы, мицеллы и микрокапсулы.

Вопрос 8. Вставьте недостающий пункт. Метод магнитно-жидкостной гипертермии при лечении рака включает следующие стадии: 1 - введение магнитных наночастиц в опухоль, 2 - магнитная фиксация наночастиц в опухолевой ткани, 3-.... 4 - поддержание температуры в опухоли 45-47 °С, что приводит к разрушению раковых клеток.

1) нагрев с помощью ИК-излучения, 2) нагрев постоянным магнитом, 3) нагрев до 95-99 °С, 4) нагрев в переменном электромагнитном поле

Вопрос 9. Магнитные наночастицы можно использовать:

1) в качестве сорбентов для очистки сточных вод; 2) в медицине для адресной доставки лекарственных веществ; 3) для записи информации; 4) все перечисленное

Вопрос 10. Компактный материал на основе оксидов, карбидов, нитридов, боридов и других неорганических соединений, состоящий из кристаллитов (зерен) со средним размером до 100 нм, является:

1) нанокомпозитом; 2) нанокерамикой; 3) наноструктурированным металлическим сплавом; 4) магнитным наноматериалом

Вопрос 11. К методам компактирования ультрадисперсных порошков относится

1) спекание под давлением; 2) кручение под высоким давлением; 3) равноканальное угловое прессование; 4) всесторонняя ковка (прессование) с многократной сменой оси

Вопрос 12. Магнитомягкий нанокристаллический сплав (типа Файнмет) можно получить методом:

1) быстрой закалки расплава на поверхности вращающегося барабана и последующего нанокристаллизующего отжига; 2) закалки расплава в ледяной воде; 3) медленного охлаждения расплава на поверхности барабана

Вопрос 13. Износостойкие наноструктурированные покрытия для режущего инструмента:

1) применяются с конца 19 века; 2) применяются с конца 20 века; 3) есть отдельные опытные образцы, но массовой технологии нет; 4) это далекая перспектива

Вопрос 14. В состав радиопоглощающих покрытий могут входить:

1) наночастицы Fe, Ni, Co; 2) наночастицы ферритов (BaFe_2O_4 , Fe_3O_4 и т. д.); 3) углеродные нанотрубки и нановолокна; 4) все перечисленное

Вопрос 15. Наночистота – это мембранный метод очистки воды, предназначенный для отделения следующих загрязнений:

1) многозарядные ионы, органические молекулы, вирусы, 2) бактерии, коллоидные частицы, 3) частицы размером 0,1 – 1 мкм, 4) ионы Na^+ и Cl^-

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

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов.

Зачет проводится в форме написания теста. Тестовое задание состоит из 40 вопросов с 4 вариантами ответов. Вопросы с вариантами ответов охватывают все темы практических занятий. Каждый из вопросов с вариантами ответов оценивается в 1 балл. Максимальная оценка зачета составляет 40 баллов.

Общая оценка результатов освоения дисциплины складывается из числа баллов, набранных в семестре и на зачете. Максимальная общая оценка по дисциплине составляет 100 баллов.

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

1. Как называлась нобелевская лекция Р. Фейнмана?

1) «О возможности создания нанобъектов», 2) «О перспективах нанотехнологии», 3) «В нанотехнологии много места», 4) «Там внизу много места».

2. Проявлением размерного эффекта не является

1) каталитическая активность наночастиц золота в реакции окисления CO кислородом, 2) снижение температуры Кюри наночастиц никеля с уменьшением их размера, 3) снижение температуры плавления наночастиц золота с уменьшением их размера, 4) каталитическая активность платины в реакции окисления водорода.

3. Нанотоксикология – это 1) мера несовместимости вещества с жизнью, 2) изучение токсичности наноматериалов, 3) применение наночастиц в качестве боевых отравляющих веществ, 4) запрет на использование наночастиц в пищевых продуктах

4. Работа сканирующего туннельного микроскопа основана на:

1) дифракции рентгеновских лучей; 2) эффекте туннелирования электронов между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой; 3) просвечивании образца рентгеновскими лучами; 4) просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ.

5. Участником программы «УМНИК» может являться:

1) юридическое лицо любого вида; 2) юридическое лицо любого вида, за исключением казенного; 3) физическое лицо возрастом от 18 лет; 4) физическое лицо от 18 до 28 лет.

6. К перспективным направлениям наномедицины **не относятся**:

1) системы адресной доставки лекарств и наночипы для диагностики; 2) имплантируемые устройства и материалы; 3) высокотемпературные сверхпроводники и водородные источники энергии.

7. Векторный компонент на поверхности липосом служит для:

1) повышения устойчивости липосом; 2) повышения емкости липосом; 3) защиты содержимого липосом от действия ферментов; 4) адресной доставки содержимого липосом к клеткам-мишеням.

8. Фуллеренами называют класс молекул, состоящих из атомов С, образующих оболочки:

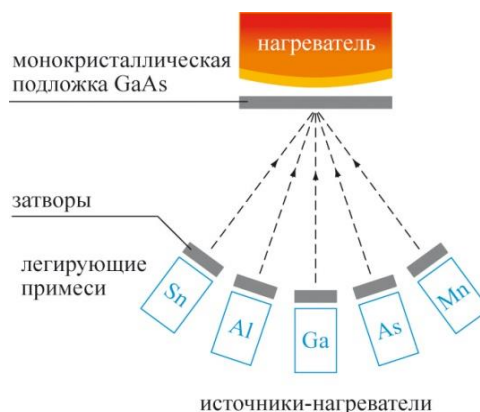
1) с 12-ю пятиугольными и 2-мя или более шестиугольными кольцами; 2) с 12-ю шестиугольными и 2-мя или более пятиугольными; 3) с 12-ю пятиугольными и 2-мя или более четырехугольными; 4) с 12-ю восьмиугольными и 2-мя или более шестиугольными

9. В настоящее время IBM и другие передовые производители интегральных микросхем используют технологический процесс с характерным размером:

1) 900 нм; 2) 130 нм; 3) 10 нм; 4) 0,5 нм

10. На рисунке изображена схема:

1) коллоидного синтеза квантовых точек;
2) получения квантовых точек методом литографии;
3) молекулярно-лучевой эпитаксии;
4) лазера на квантовых точках



11. Что такое магнитная жидкость?

1) расплавленный магнит; 2) устойчивая взвесь ферромагнитных наночастиц в жидкости; 3) жидкость, подвергнутая магнитной обработке; 4) жидкость, излучающая электромагнитное поле

12. К основным методам получения консолидированных наноматериалов **не относится**:

1) интенсивная пластическая деформация; 2) компактирование ультрадисперсных порошков; 3) контролируемая кристаллизация из аморфного состояния; 4) осаждение солей в водном растворе

13. Наночастицы и наноструктуры в составе нанокомпозита служат для:

1) придания коммерческой привлекательности; 2) повышения твердости; 3) придания магнитных свойств; 4) улучшения механических свойств или придания новых функциональных свойств

14. Постоянные магниты на основе термопластичного полимерного материала и магнитных порошков называются:

1) препреги; 2) термопласты; 3) наноманиты; 4) магнитоласты

15. Наночастицы диоксида титана вводят в состав цемента для:

1) повышения стоимости; 2) повышения электропроводности; 3) повышения водоотталкивающих свойств; 4) для эффекта самоочистки за счет фотокаталитических свойств TiO_2

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

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

«Утверждаю» И.о. зав. кафедрой НМНТ (Должность, название кафедры) М.Ю. Королева (Подпись) (И. О. Фамилия) «__» _____ 202_г.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» Профиль – «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем» Введение в специальность
Билет № 1 1. Как называлась нобелевская лекция Р. Фейнмана? 1) «О возможности создания нанообъектов», 2) «О перспективах нанотехнологии», 3) «В нанотехнологии много места», 4) «Там внизу много места». 40. Наночастицы диоксида титана вводят в состав цемента для: 1) повышения стоимости; 2) повышения электропроводности; 3) повышения водоотталкивающих свойств; 4) для эффекта самоочистки за счет фотокаталитических свойств TiO_2	

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. 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. Юртов Е.В., Королева М.Ю. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева – 2010. - 152 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

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 данной дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации к лекционным занятиям, общее число слайдов – более 400;
- раздаточный материал по лекциям
- набор тем докладов на семинарах, общее число тем – более 60
- банк тестовых заданий для контрольных работ
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – не менее 80).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки **«Материаловедение и технологии материалов»**);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
- Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;
- Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;
- Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об

утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);

– Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);

– Положение об организации и использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf дата обращения: 30.05.2023);

– Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf дата обращения: 30.05.2023).

При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по дисциплине.

Учебная дисциплина «Введение в специальность» включает 2 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого раздела рекомендуется регулярное повторение учебного материала, а также дополнение его сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе.

Теоретические основы материала разделов дисциплины излагаются на лекциях преподавателем. Практическое освоение учебного материала на семинарах проводится в

форме подготовки докладов по выбранным из списка темам. Делать доклады можно как в сопровождении компьютерных презентаций, так и без них. Продолжительность доклада – 5-10 мин.

Совокупная оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за доклады и за контрольные работы. Предусмотрено 2 обязательных доклада. Максимальная оценка за один доклад составляет 5 баллов, всего за доклады предусмотрено 10 баллов. Максимальная оценка за первую контрольную работу составляет 20 баллов, за вторую контрольную работу – 30 баллов, всего за две контрольные работы – 50 баллов. Всего максимальная оценка работы в семестре составляет 60 баллов.

В соответствии с учебным планом изучение дисциплины завершается итоговым контролем в форме зачета с оценкой. Максимальная оценка на зачете составляет 40 баллов.

Общая оценка результатов освоения дисциплины складывается из числа баллов, набранных в семестре и на зачете. Максимальная общая оценка по дисциплине составляет 100 баллов.

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Основной задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине «Введение в специальность», является стимулирование у обучающихся интереса к будущей специальности, обоснование необходимости приобретения ими глубоких систематических естественно-научных и инженерных знаний, которые они будут получать в ходе дальнейшего обучения в РХТУ им. Д.И. Менделеева, а также формирование у обучающихся начальных знаний в области нанотехнологии и наноматериалов, необходимых для их дальнейшей работы в области химической технологии наноматериалов, в том числе при прохождении учебной и технологической практики в 4 и 6 семестрах и учебной научно-исследовательской работы.

С целью более эффективного усвоения обучающимися материала данной дисциплины при проведении лекционных занятий рекомендуется использовать мультимедийные презентации, графики и таблицы, иллюстрирующие материал, демонстрационные фильмы. Для более глубокого изучения предмета в рамках самостоятельной работы преподаватель может рекомендовать обучающимся ознакомление с публикациями в периодических журналах и Интернет-ресурсах.

Для более полной и глубокой проработки материала дисциплины, в том числе на конкретных примерах, предусмотрено проведение практических занятий в форме докладов обучающихся по выбранным из списка темам. Подготовка докладов направлена на повышение интереса к изучаемой дисциплине, она стимулирует обучающихся к самостоятельной творческой работе по изучаемой тематике.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. 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 01.01.2019 составляет 1708372 изданий.

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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Введение в специальность» проводятся в форме занятий лекционного типа, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

13.1. 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.

13.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам дисциплины; распечатки слайдов презентаций.

13.3. 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.

13.4. 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 15.11.2019).

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
3.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	Microsoft Office	Контракт № 28-35ЭА/2020 от	12 месяцев (ежегодное)	Лицензия на ПО, принимающее участие в	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	26.05.2020	продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	образовательных процессах.	
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Общие вопросы нанотехнологии и технологии наноматериалов	Знает: - наиболее яркие достижения в области нанотехнологии и химической технологии наноматериалов; - имеющиеся на сегодняшний день и возможные в будущем области применения различных видов наносистем и наноматериалов; Умеет: - ориентироваться в литературе, посвященной применению наноматериалов и нанотехнологии; Владеет: - методами представления сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде устных докладов и презентаций;	Оценка за доклады. Оценка за первую контрольную работу Оценка на зачете.
Раздел 2. Примеры наноматериалов и их роль в современном обществе	Знает: - наиболее известные типы наноматериалов и наноструктур, их строение и основные свойства; - наиболее яркие достижения в области нанотехнологии и химической технологии наноматериалов; - имеющиеся на сегодняшний день и возможные в будущем области применения различных видов наносистем и наноматериалов Умеет: - видеть возможности применения новых наноматериалов и наносистем в различных областях техники и медицины; - ориентироваться в литературе, посвященной применению наноматериалов и нанотехнологии; Владеет: - методами представления сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде устных докладов и презентаций;	Оценка за доклады. Оценка за вторую контрольную работу Оценка на зачете.

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

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

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

- Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

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

**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
«ГАЗОФАЗНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НАНОМАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов**

**Профиль подготовки – «Материаловедение и технологии
наноматериалов и наносистем»**

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена к.х.н. доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии
А.Г. Мурадовой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

« 14 » мая 2025 г., протокол № 11.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) бакалавриата по направлению подготовки **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»**, рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева.

Дисциплина **«Газофазные технологии наноматериалов»** относится к блоку обязательных дисциплин учебного плана, части, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в по дисциплинам «Общая и неорганическая химия», «Физико-химия наноструктурированных материалов» и «Введение в специальность».

Цель дисциплины: приобретение знаний о физических и химических методах 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 **«Газофазные технологии наноматериалов»** преподается в 8 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Газофазные технологии наноматериалов»** при подготовке бакалавров по направлению **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**, профиль «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем» направлено на формирование следующих компетенций:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработки новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	ПК-5.1 Знает основные виды источников научно-технической документации в области наноструктурированных материалов, методы ее поиска и анализа ПК-5.2 Умеет анализировать научно-техническую документацию в области наноструктурированных материалов и применять полученную информацию для разработки новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов ПК-5.3 Владеет методами разработки новых и	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и

комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	жизнедеятельности. - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем;		совершенствования действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноструктурированных материалов и составления научно-технической документации в области наноматериалов и наносистем	модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта
– участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с	- все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования процессов синтеза и	ПК-6 Способен эксплуатировать технологическое и аналитическое оборудование, предназначенное для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов, в соответствии с нормами техники безопасности и	ПК-6.1. Знает нормы техники безопасности и требования экологии при эксплуатации технологического и аналитического оборудования, предназначенного для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных

помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; – участие в производстве наноматериалов и наносистем с заданными технологическими и функциональными свойствами, проектировании высокотехнологичных процессов в составе первичного проектно-технологического или исследовательского подразделения; контроль качества выпускаемой продукции.	физико-химических свойств наноматериалов; - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности.	требованиями экологии	ПК-6.2. Умеет применять на практике нормы и правила техники безопасности при эксплуатации технологического и аналитического оборудования, предназначенного для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов ПК-6.3. Владеет навыками безопасной эксплуатации технологического и аналитического оборудования, предназначенного для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины обучающийся 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	Всего		Семестр	
			8 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4,0	144	4,0	144
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	64	1,78	64
Лекции	0,44	16	0,44	16
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	0,45	16
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	0,89	32
Самостоятельная работа	2,22	80	2,22	80
Контактная самостоятельная работа	2,22	0,2	2,22	0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,8		79,8
Виды контроля:				
Зачет с оценкой	+	+	+	+
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
Вид итогового контроля:			Зачет с оценкой	

Вид учебной работы	Всего		Семестр 8 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4,0	108	4,0	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,78	48	1,78	48
Лекции	0,44	12	0,44	12
Практические занятия (ПЗ)	0,45	12	0,45	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	24	0,89	24
Самостоятельная работа	2,22	60	2,22	60
Контактная самостоятельная работа	2,22	0,15	2,22	0,15

Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,85		59,85
Виды контроля:				
Зачет	+	+	+	+
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
Вид итогового контроля:			Зачет с оценкой	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1	Раздел 1. Физические методы получения наноматериалов	36	6	6	-	24
1.1	Введение	4	1	-	-	3
1.2	Физические методы получения наночастиц	8	2	-	-	6
1.3	Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов	8	1	2	-	5
1.4	Физические методы получения пленок и покрытий	8	1	2	-	5
1.5	Физические методы получения нанонитей и нанотрубок	8	1	2	-	5
2	Раздел 2. Химические методы получения наноматериалов	68	6	6	32	24
2.1	Химические методы получения наночастиц в газовой фазе	28	2	2	16	8
2.2	Химические методы получения пленок и покрытий	28	2	2	16	8
2.3	Химические методы получения нанонитей и нанотрубок	12	2	2	-	8
3	Раздел 3. Комбинированные и иные методы получения наноматериалов	28	4	4	-	20
3.1	Методы получения микропористых материалов	12	2	2	-	8
3.2	Комбинированные методы	11	1	2	-	8
3.3	Нанотехнология	5	1	-	-	4
	Подготовка к зачету	12	-	-	-	12
	Всего часов	144	16	16	32	80

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Физические методы получения наноматериалов

Введение. Варианты классификации методов получения наночастиц и наноматериалов. Физические, химические, биологические и комбинированные методы. Особенности получения нуль- одно-, дву- и трехмерных наноматериалов.

Физические методы получения наночастиц. Возгонка-десублимация. Способы подвода энергии для возгонки (использование внешних нагревателей; резистивный, плазменный, лучевой и электронно-лучевой нагрев). Лазерная абляция. Диспергирование в электродуговом разряде. Механическое, ультразвуковое и детонационное измельчение. Метод взрывающихся проволок. Электроискровая эрозия. Плазменная сфероидизация частиц. Криогенные методы.

Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов. Интенсивная пластическая деформация. Образование наноструктур при кристаллизации аморфизированных слоев. Направленная кристаллизация аморфных сплавов и стекол. Диффузия в твердом теле. Прессование и спекание (разновидности спекания). Интенсивная пластическая деформация.

Физические методы получения пленок и покрытий. Полив и его разновидности (капельный метод, спинингование). Метод погружения. Напыление (термическое, электронно-лучевое, магнетронное). Понятие об эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Ионная имплантация. Формирование квантовых точек и проволок при ионном синтезе. Диффузионные методы. Струйные методы. Литография и нанолитография. Пучковые методы нанолитографии: электронная, ионная, рентгеновская.

Физические методы получения нанонитей и нанотрубок. Возгонка-десублимация. Лазерная абляция. Диспергирование в дуговом разряде. Расщепление слоистых веществ. Напыление пленок со структурным несоответствием свойств и их преобразование.

Раздел 2. Химические методы получения наноматериалов

Химические методы получения наночастиц в газовой фазе. 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 наноматериалов. Пути синтеза прекурсоров с заданной – равной летучестью. Методы оценки стерических затруднений и межмолекулярных контактов. Сравнительная оценка экранирующей способности основных типов лигандов. Парообразование бета-дикетонатов металлов. Лантаноиды. Примеры использования для синтеза наноматериалов. Особенности парообразования алкоксидов. Примеры использования для синтеза наноматериалов. Особенности парообразования циклопентадиенильных координационных соединений – прекурсоров. Примеры использования для синтеза наноматериалов. Галогениды, гидриды. Примеры использования для синтеза наноматериалов. Химические транспортные реакции. Принцип метода. Общая характеристика метода химического осаждения из газовой фазы (Определение, схема процесса, основные параметры). Стадии CVD процесса. Влияние газовой фазы на протекание процесса. Преимущества и недостатки метода. Классификация методов CVD. Функциональные элементы CVD установок. Область применения метода CVD. CVD реактор для непрерывного синтеза многослойных материалов. Классификация методов нанесения неорганических покрытий

Химические методы получения пленок и покрытий. Химическое осаждение металлоорганических соединений из газовой фазы. Эпитаксия. Осаждение функционализированных наночастиц на функционализированной подложке.

Химические методы получения нанонитей и нанотрубок. Формирование углеродных и неуглеродных нанотрубок из веществ слоистого строения и из веществ со структурным несоответствием. Каталитический пиролиз углеводородов. Матричный метод (матрицы-нанонити, матрицы-наноскважины, молекулярные матрицы). Метод пар-жидкость-кристалл. Химическое модифицирование нанотрубок. Реакции в полости нанотрубок. Электрохимические методы.

Раздел 3. Комбинированные и иные методы получения наноматериалов

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.

Комбинированные методы. Механохимическое реакции и их разновидности. Возгонка металлов в среде активных газов. Химические активаторы спекания.

Нанотехнология. Проблемы и достижения нанотехнологии в создании материалов, приборов, устройств и машин на современном этапе.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетенции	1	2	3
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;	+	+	+
Код и наименование ПК			
ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	+	+	+
ПК-6 Способен эксплуатировать технологическое и аналитическое оборудование, предназначенное для анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов, в соответствии с нормами техники безопасности и требованиями экологии	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Предусмотрены практические занятия обучающегося в бакалавриате в объеме в объеме 16 акад. часов (0,45 зач. ед.).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.3	Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов	2
2	1.4	Физические методы получения пленок и покрытий	2
3	1.5	Физические методы получения нанонитей и нанотрубок.	2
4	2.1	Химические методы получения наночастиц в газовой фазе	2
5	2.2	Химические методы получения пленок и покрытий	2
6	2.3	Химические методы получения нанонитей и нанотрубок	2
7	3.1	Методы получения микропористых материалов	2
8	3.2	Комбинированные методы получения наноматериалов	2

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине *«Газофазные технологии наноматериалов»* выполняется в соответствии с Учебным планом в 8 семестре и занимает 32 часа (0,89 зач. ед.). Лабораторные работы охватывают 1 раздел дисциплины. В практикум входит 2 работы (состоящие из нескольких разделов), примерно по 16 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 *«Газофазные технологии наноматериалов»*, а также дает знания в области химического синтеза наноструктурированных покрытий, пленок.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 10 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	2.2	Тонкие наноструктурированные пленки для фотоники	16
2	2.2	Формирование наноструктурированного пленочного покрытия для полупроводниковых сенсоров	16

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины *«Газофазные технологии наноматериалов»* предусмотрена самостоятельная работа студента бакалавриата в объеме 80 часов (2,22 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;
- 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.
-

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 10 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 – 10 баллов. Объем реферата составляет 5-10 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

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:

Раздел 1. Физические методы получения наноматериалов

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 наноплёнок или нанонитей

Примерная тематика реферативно-аналитической работы №2:

1. Химические транспортные реакции и их классификация
2. Понятие прекурсора, возможные преимущества, требования к прекурсорам
3. Химия металлоорганических соединений
4. Общая характеристика метода химического осаждения из газовой фазы (Определение, схема процесса, основные параметры)
5. Метод получения тонких пленок, осаждение на подложку
6. Метод матричного твердотельного синтеза
7. Синтез графена и углеродных нанотрубок методом газозофазного осаждения
8. Электрохимические методы получения наноматериалов
9. Методы оценки стерических затруднений и межмолекулярных контактов
10. Механизмы роста вискероф из газовой фазы. Примеры синтеза вискероф металлов, оксидов металлов
11. Получение наноматериалов методом лазерного испарения
12. Сенсорные полупроводниковые материалы и пути их синтеза

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольные работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Контрольные работы пишутся в форме развернутого ответа на вопросы.

Максимальная оценка контрольных работ составляет 30 баллов.

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

1. Классификация методов нанесения неорганических покрытий.
2. Электродуговая металлизация функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).

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

1. Стадии CVD процесса. Влияние газовой фазы на протекание процесса.
2. Химические транспортные реакции. Принцип метода. Примеры.

Раздел 3. Пример вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за 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 (Зачет с оценкой)

Максимальная оценка – 40 баллов.

1. Интенсивная пластическая деформация.
2. Образование наноструктур при кристаллизации аморфизированных слоев.
3. Прессование и спекание (разновидности спекания).
4. Напыление (термическое, электронно-лучевое, магнетронное). Понятие об эпитаксии.
5. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
6. Ионная имплантация.
7. Формирование квантовых точек и проволок при ионном синтезе.
8. Литография и нанолитография. Пучковые методы нанолитографии: электронная, ионная, рентгеновская.
9. Напыление пленок со структурным несоответствием свойств и их преобразование.
10. Понятие прекурсора, возможные преимущества, требования к прекурсорам.
11. Основные принципы – стадии подхода к выбору и дизайну прекурсоров – МОС с молекулярным строением.
12. Типы прекурсоров, примеры реакций синтеза наноматериалов. Пути синтеза прекурсоров с заданной – равной летучестью.
13. Методы оценки стерических затруднений и межмолекулярных контактов
14. Сравнительная оценка экранирующей способности основных типов лигандов.
15. Парообразование бета-дикетонатов металлов. Лантаноиды. Примеры использования для синтеза наноматериалов.
16. Особенности парообразования алкоксидов. Примеры использования для синтеза наноматериалов.
17. Особенности парообразования циклопентадиенильных координационных соединений – прекурсоров. Примеры использования для синтеза наноматериалов.
18. Галогениды, гидриды. Примеры использования для синтеза наноматериалов.
19. Химические транспортные реакции. Принцип метода. Примеры
20. Общая характеристика метода химического осаждения из газовой фазы (Определение, схема процесса, основные параметры)
21. Стадии CVD процесса. Влияние газовой фазы на протекание процесса.
22. Преимущества и недостатки метода. Классификация методов CVD.
23. Функциональные элементы CVD установок. Область применения метода CVD. CVD реактор для непрерывного синтеза многослойных материалов.
24. Классификация методов нанесения неорганических покрытий
25. Холодное газодинамическое напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
26. Электродуговая металлизация функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
27. Газопламенное напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
28. Плазменное напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
29. Детонационное напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
30. Вакуумно–конденсационное напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
31. Получение наноматериалов при лазерном испарении атомов (абляции)
32. Получение наночастиц путем термического разложения твердого вещества
33. Морфология и свойства сенсорных наноматериалов.
34. Свойства карбида кремния, особенности строения. Синтез карбида кремния.

35. Методы получения микропористых материалов.
36. Механическое, ультразвуковое и детонационное измельчение.
37. Напыление (термическое, электронно-лучевое, магнетронное). Понятие об эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
38. Проблемы и достижения нанотехнологии в создании материалов, приборов, устройств и машин на современном этапе.

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

8.4 Структура и примеры билетов для итогового контроля (зачет с оценкой)

Зачет с оценкой по дисциплине **«Газофазные технологии наноматериалов»** включает контрольные вопросы по всем модулям учебной программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным модулям. 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**:

<i>«Утверждаю»</i> И.о. зав. кафедрой наноматериалов и нанотехнологии Королева М.Ю.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» Магистерская программа – «Химическая технология Профиль «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем» Квалификация «бакалавр»
	Газофазные технологии наноматериалов
Билет № 1 - Основные принципы – стадии подхода к выбору и дизайну прекурсоров – МОС с молекулярным строением. - Холодное газодинамическое напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

- Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева – 2010, т.1 - 124 с., т.2 – 148 с.
- Юртов Е.В., Королева М.Ю. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева - 2010, - 152 с.
- 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).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов»);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления

образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;

– Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;

– Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;

– Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);

– Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);

– Положение об организации и использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf дата обращения: 30.05.2023);

– Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf дата обращения: 30.05.2023).

При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по курсу.

Учебный курс *«Газофазные технологии наноматериалов»* включает 3 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого модуля рекомендуется регулярное повторение законспектированного лекционного материала, а также дополнение его сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. Изучение материала каждого модуля 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 контрольных работ составляет по 10 баллов каждая.

Совокупная оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ, лабораторных работ и реферативно-аналитических работ. Максимальная оценка текущей работы в семестре составляет 60 баллов.

В соответствии с учебным планом изучение материала разделов заканчивается контролем его освоения в форме 3 контрольных работ (максимальная оценка 10 баллов за каждую контрольную работу) и зачетом с оценкой (максимальная оценка – 40 баллов).

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Основной задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине *«Газофазные технологии наноматериалов»*, является выработка у обучающихся понимания необходимости знания предмета для их дальнейшей работы в области разработки и производства наноматериалов.

На первом вводном занятии при общем рассмотрении способов получения наночастиц и наноматериалов следует особое внимание уделить использованию для этой газофазных процессов и методов. При этом необходимо подчеркнуть роль правильного выбора процесса получения для обеспечения высоких функциональных характеристик получаемого наноматериала и экономической целесообразности процесса.

При рассмотрении физических методов получения наноматериалов следует показать ключевые особенности различных групп методов с особым акцентом на функциональные и экономические характеристики данных методов. При рассмотрении текущего технологического состояния физических газофазных методов получения

наноматериалов обязательно должны быть показаны перспективы их дальнейшего развития.

При рассмотрении химических методов получения наноматериалов ключевое место следует отвести преимуществам и недостаткам различных типов прекурсоров, а также методологии физико-химического дизайна молекулярных прекурсоров. Необходимо показать, как отличия химических методов получения от физических определяет технологические ниши, конкретными методами.

В ходе рассмотрения всех разделов курса основной задачей преподавателя является дать студентам представление о возможностях практического использования газофазных процессов получения наноматериалов, способах управления морфологическими и функциональными характеристиками получаемых наноматериалов и перспективах развития новых методов и технологий.

С целью более эффективного усвоения обучающимися материала данной дисциплины при проведении практических занятий рекомендуется использовать мультимедийные презентации, графики и таблицы, иллюстрирующие изучаемый материал, демонстрационные фильмы.

Для более глубокого изучения предмета в рамках самостоятельной работы преподаватель может рекомендовать обучающимся ознакомление с публикациями в периодических журналах и Интернет-ресурсах и посещение выставок строительных материалов.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. 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 22.05.2019 составляет 1 708 372 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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Газофазные процессы получения наноматериалов» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ 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.

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).

13.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям.

13.3. 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.

13.4. 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.

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
3.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	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 (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомог	Да

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams		перехода на обновлённую версию продукта)	ательное ПО)	
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование модулей	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	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за реферативно-аналитическую работу №1. Оценка за зачет

Наименование модулей	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 анализа научно-технической литературы в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.	
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 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.	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за реферативно-аналитическую работу №2. Оценка за лабораторную работу №1, №2 Оценка за зачет
Раздел 3. Комбинированные и иные методы	Знает: – основные физические и химические методы получения наночастиц и	Оценка за контрольную работу № 3.

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
получения наноматериалов	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 на зачете

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

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

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

- Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

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

**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 ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов**

**Профиль подготовки - «Материаловедение и технологии
наноматериалов и наносистем»**

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена д.ф-м.н. профессором кафедры наноматериалов и нанотехнологии
М.Н. Филипповым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

« 14 » мая 2025 г., протокол № 11

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) бакалавриата по направлению подготовки **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»**, рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Программа относится к вариативной части учебного плана, к блоку дисциплин по выбору.

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

Основными задачами дисциплины являются:

- изучение принципов работы и устройства сканирующего зондового микроскопа;
- формирование системных знаний в области методов сканирующей зондовой микроскопии;
- изучение возможностей использования методов сканирующей зондовой микроскопии 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 для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»** преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Зондовая микроскопия для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»** при подготовке бакалавров по направлению 22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов, бакалаврская программа – Материаловедение и технологии материалов наноматериалов и наносистем, направлено на формирование следующих компетенций:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы	ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	ПК-4.1. Знает основные типы наноматериалов и наносистем и их свойства, способы их анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов ПК-4.2 Умеет выбирать методы исследования основных типов наноматериалов, анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов ПК-4.3. Владеет основными методами анализа и контроля	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и

комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред;		качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработки новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа	ПК-5.3 Владеет методами разработки новых и совершенствования действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноструктурированных материалов и составления научно-технической документации в	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства

группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	наноструктурированные покрытия; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности. - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем;	научно-технической документации	области наноматериалов и наносистем	наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта

знать:

- классификацию методов сканирующей зондовой микроскопии;
- устройство и 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, полученные 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

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3,0	108
Контактная работа – Аудиторные занятия:	1,33	48
Лекции (Лек)	0,44	16
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32
Самостоятельная работа (СР):	1,67	60
Контактная самостоятельная работа	1,00	0,2
Самостоятельная проработка разделов дисциплины		59,8
Вид контроля: зачет	-	-

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В астрон. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	3,0	81
Контактная работа – Аудиторные занятия:	1,33	36
Лекции (Лек)	0,44	12
Практические занятия (ПЗ)	0,89	24
Самостоятельная работа (СР):	1,67	45
Контактная самостоятельная работа	1,00	0,15
Самостоятельная проработка разделов дисциплины		44,85
Вид контроля: зачет	-	-

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов			
		Всего	Лек	ПР	СРС
1	Современные методы визуализации наноматериалов	56	8	20	28
1.1	Современные методы визуализации наноматериалов	3	1	2	-
1.2	Введение в СЗМ	3	1	2	-
1.3	Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ).	14	2	4	8
1.4	Атомно-силовая микроскопия	20	2	6	12
1.5	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия	16	2	6	8
2	Возможности СЗМ	20	4	6	10
2.1	Другие виды СЗМ	6	2	2	2
2.2	Возможности СЗМ	14	2	4	8
3	Применение СЗМ	32	4	6	22
3.1	Применение СЗМ для исследования основных классов наноматериалов	26	2	2	22
3.2	Исследование биологических объектов с помощью СЗМ	3	1	2	-
3.3	Современные приборы и методы СЗМ	3	1	2	-
	Зачёт	-	-	-	-
	Всего часов	108	16	32	60

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, просвечивающей электронной микроскопии и сканирующей электронной микроскопии.

Раздел 1.2. Введение в СЗМ.

История 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.

Использование СЗМ в различных средах. Возможности СЗМ для исследования объектов в жидких средах. Принципы приготовления биологических объектов для исследования с помощью СЗМ. Возможности в исследовании белковых молекул с помощью СЗМ. Изучение ДНК. Исследования вирусов и бактерий. Исследование адгезионных взаимодействий.

Раздел 3.3. Современные приборы и методы СЗМ.

Основные производители сканирующих зондовых микроскопов. 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

№ п/п	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел		
		1	2	3
	Знать:			
1	классификацию методов сканирующей зондовой микроскопии	+	-	-
2	устройство, принцип работы и физические основы сканирующей зондовой микроскопии	+	-	-
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	+	+	+
	Код и наименование ПК			
13	ПК-4 Способен использовать знания основных типов	+	+	+

	наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов			
14	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	+	+	+

6 ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 22.03.01– Материаловедение и технологии материалов, профиль – Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине **«Зондовая микроскопия для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»** в объеме 32 часов. Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний, полученных обучающимся на лекциях, и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе.

В рамках практических занятий магистры посещают научные центры и центры коллективного пользования, где знакомятся с устройством и принципом работы сканирующих зондовых микроскопов.

Примерный перечень практических занятий

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	- Знакомство с программными модулями для СЗМ. - Сравнение и анализ изображений, полученных с помощью сканирующей зондовой микроскопии, просвечивающей зондовой микроскопии, сканирующей электронной микроскопии. - Методика проведения экспериментов методом АСМ.	20
2	Раздел 2	- Преимущества и недостатки сканирующей зондовой микроскопии. Принципы анализа и описания данных полученных с помощью СЗМ. - Количественный анализ данных СЗМ.	6
3	Раздел 3	- Возможности современных методов сканирующей зондовой микроскопии. Применение СЗМ в изучении наноматериалов. - Исследование биологических объектов методами СЗМ.	6

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине **«Зондовая микроскопия для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»** не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины **«Зондовая микроскопия для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»** предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 60 часов (1,67 зач. ед.). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

Форма самостоятельной работы студентов	Объем часов
Подготовку к контрольным работам и зачету по материалу лекционного курса	20
Анализ и усвоение материала, пройденного на лекциях и практических занятиях	20
Работа с учебной и научной литературой, включая работу с электронно-библиотечными системами, научными журналами из баз РИНЦ, Scopus и Web of Science.	10
Посещение тематических выставок и конференций	10

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Список контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка за контрольные работы составляет 60 баллов (по 20 баллов за каждую работу).

Раздел 1. Контрольная работа №1

Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа состоит из 10 тестовых и 1 открытого вопроса.

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?

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. Контрольная работа №2

Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа состоит из 10 тестовых и 1 открытого вопроса.

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

1. Что такое “tipimaging”или эффект игольной 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. Какие жидкости пригодны для исследования с помощью СЗМ?
7. Каким методом невозможно оценить шероховатость поверхности.
8. Что главным образом определяет разрешение в СТМ?
9. Какое основное физическое явление лежит в основе СТМ?
10. Как зонд подводится на расстояние нескольких ангстрем к поверхности?

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. Исследование биологических образцов методом СЗМ.
7. Принципы корректировки изображений СЗМ.

Раздел 3. Контрольная работа №3

Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа состоит из 10 тестовых и 1 открытого вопроса.

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

1. Основное отличие квазистатических и колебательных методик МСМ.
2. Наногравировку (СЗМ литография) проводят с помощью?
3. Наночеканку (СЗМ литография) проводят с помощью?
4. Что такое «Shear-force»?
5. На каком из СЗМ нельзя достичь разрешения в 10 нм?
6. Из чего изготавливают зонды для СБОМ?
7. Какие методы (методики) СЗМ дают представление об электрофизических характеристиках образцов.
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?

Примеры открытых вопросов:

1. Применение МСМ. Исследования магнитных наночастиц и структур методом МСМ.
2. Применение ближнепольной оптики.
3. Исследование водородных связей. Исследования морфологии и локальных свойств полимерных материалов.
4. Вычисление адгезионных сил методом АСМ. Возможности и перспективы АСМ в исследовании синтетических химических волокон. Технология производства МСМ-зондов.
5. Исследование надмолекулярной структуры полимеров и композитов. Использование СЗМ для исследования морфологии и процессов роста.

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

Максимальное количество баллов за зачет – 40 баллов. Зачет состоит из двух вопросов, каждый из которых оценивается в 20 баллов

Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

1. Режимы работы АСМ. Контактная атомно-силовая микроскопия. Недостатки контактной АСМ.
2. Полуконтактная и бесконтактная 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.

8.3. Структура и пример билетов для зачета

Зачет по дисциплине **«Зондовая микроскопия для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»** включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет состоит из 2 вопросов, относящихся к разным 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 билета:

«УТВЕРЖДАЮ» Руководитель программы _____ М.Ю. Королева “ ” _____ 20__ г.	МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА» Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем
КАФЕДРА НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИИ «Зондовая микроскопия для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов» 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. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/49585> (дата обращения: 22.04.2022).

2. Кларк, Э. Р. Микроскопические методы исследования материалов / Э. Р. Кларк, К. Н. Эберхард. — Москва : Техносфера, 2007. — ISBN 978-5-94836-121-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73017> (дата обращения: 22.04.2022). — 376 с.

Б. Дополнительная литература

1. 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.

2. Поленов Ю. В., Егорова Е. В. Физико-химические основы нанотехнологий: учебник — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-4113-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/207023> (дата обращения: 22.04.2022). — С. 145.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данной дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения:

- компьютерные презентации лекций и семинаров – 8, (общее количество слайдов – более 150; количество демонстрационных роликов – 15);
- образцы наноматериалов, пригодные для исследования с помощью сканирующей зондовой микроскопии – более 10;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 30);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 30).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

– Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «**Материаловедение и технологии материалов**»);

– Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;

– Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;

– Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;

– Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+-%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);

– Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);

– Положение об организации и использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf дата обращения: 30.05.2023);

– Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf дата обращения: 30.05.2023).

При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).
- ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по дисциплине.

Учебная дисциплина *«Зондовая микроскопия для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»* включает 3 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого раздела рекомендуется регулярное повторение законспектированного лекционного материала, а также дополнение информацией из научной и учебной литературы, приведенной в разделах основная и дополнительная литература. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

Изучение материала разделов 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 контрольных работ составляет по 20 баллов каждая. .

Совокупная оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ. Максимальная оценка текущей работы в семестре составляет 60 баллов.

В соответствии с учебным планом изучение дисциплины завершается итоговым контролем в форме зачета. Максимальная оценка на зачете составляет 40 баллов.

Общая оценка результатов освоения дисциплины складывается из числа баллов, набранных в семестре (контрольные работы) и на зачете. Максимальная общая оценка по дисциплине составляет 100 баллов.

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Основной задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине **«Зондовая микроскопия для оценки качества наноструктурированных композиционных материалов»**, является выработка у студента понимания принципов и возможности использования методов сканирующей зондовой микроскопии для исследования наноматериалов.

С целью более эффективного усвоения студентом материала данной дисциплины рекомендуется при проведении лекционных и практических занятий использовать конкретные примеры исследования наноматериалов с помощью различных методов сканирующей зондовой микроскопии.

На первом вводном лекционном занятии преподавателю необходимо уделить внимание:

- современным методам анализа, использующимся для анализа и визуализации наноматериалов;
- преимуществам и недостатками сканирующей зондовой микроскопии по сравнению с другими методами анализа;
- разнообразию методов сканирующей зондовой микроскопии;
- общим представлениям о разрешающей способности сканирующей зондовой микроскопии.
- областям применения методов сканирующей зондовой микроскопии.

В разделе «Основы сканирующей зондовой микроскопии» рекомендуется подробно рассмотреть каждый из основных методов СЗМ: сканирующую туннельную микроскопию, атомно-силовую микроскопию и сканирующую ближнепольную оптическую микроскопию. Начать рекомендуется с исторически первого метода - СТМ. В каждом методе необходимо уделить внимание: конструкции прибора, типу зондового датчика, преимуществам, ограничениям, режимам работы, разрешающей способности и областям применения метода.

В разделе «Возможности СЗМ» следует уделить внимание многопроходным методикам СЗМ, методам, позволяющим исследовать электрофизические и магнитные характеристики образцов. Обязательно выделить возможности и ограничения таких методов. Кроме того, рекомендуется подробно рассмотреть преимущества и недостатки СЗМ и методы борьбы с ними. У магистрантов должно быть представление о принципах формирования изображения, а также искажениях в СЗМ, вызванных различными факторами: сканер, зондовый датчик, внешние помехи и пр.

В разделе «Применение СЗМ» необходимо подробно рассмотреть максимальное разрешение, достигнутое с помощью различных методов СЗМ, а также их возможности и перспективы для исследования различных нанообъектов. Уделить внимание формату данных, количественному и статистическому анализу в СЗМ. Важно рассмотреть аспекты визуализации и статистической обработки СЗМ данных. Кроме того, необходимо сфокусировать внимание на «непопулярных» областях применения СЗМ.

Для более глубокого изучения предмета в рамках самостоятельной работы преподаватель может рекомендовать обучающимся ознакомление с публикациями в периодических журналах и Интернет-ресурсах и посещение выставок, связанных с тематикой дисциплины.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

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

дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. 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 01.01.2019 составляет 1708372 изданий.

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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Композиционные материалы» проводятся в форме 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.

13.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям.

13.3. 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.

13.4. 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.

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
3.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	Microsoft Office Professional	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath		подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)		
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

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 и 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.	Оценка за КР №1 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 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.	Оценка за КР №2 Контрольная работа № 2. Оценка на экзамене

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
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.

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

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

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

– Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

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

**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

«КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

**Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов**

**Профиль подготовки – «Материаловедение и технологии
наноматериалов и наносистем»**

Квалификация «бакалавр»

Москва 2025

Программа составлена к.х.н. доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии
А.Г. Мурадовой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

«14 » мая 2025 г., протокол № 11

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) бакалавриата по направлению подготовки **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»** профиль подготовки **«Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем»**, рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Дисциплина **«Композиционные материалы»** относится к базовой части учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку по дисциплинам «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физико-химия наноструктурированных материалов».

Цель дисциплины - ознакомить студентов с основными типами современных композиционных материалов, их физико-химическими свойствами и методами получения, показать перспективные направления развития композиционных материалов.

Задачи дисциплины:

формирование у обучающихся представлений об основных понятиях композиционных материалов, их получению, свойствах; ознакомление обучающихся с основными методами исследования композиционных материалов.

Дисциплина **«Композиционные материалы»** преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Композиционные материалы»** при подготовке бакалавров по направлению **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**, профиль «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем» направлено на формирование следующих компетенций:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью	- основные типы металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанополенки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества металлических, неметаллических и композиционных	ПК-1 Способен использовать на практике знания об основных типах металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	ПК-1.1. Знает основные типы металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов ПК-1.2. Умеет использовать на практике знания об основных типах материалов и о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов ПК-1.3. Владеет методами поиска и анализа информации об основных типах материалов и о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов

комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	материалов и наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе.			(уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к	- основные типы металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, наноматериалов и наносистем	ПК-3 Способен использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, разрабатывать рекомендации по	ПК-3.1. Знает традиционные и новые технологические процессы получения и модификации материалов с целью повышения их конкурентоспособности	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных

решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров,	неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и	составу, технологии производства и способам обработки конструкционных, функциональных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	ПК-3.2. Умеет использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах получения и обработки конструкционных, функциональных, композиционных и иных материалов	материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта
			ПК-3.3. Владеет методами получения и анализа информации по составу, технологии производства и способам обработки конструкционных, функциональных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	

отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности.			

В результате изучения дисциплины обучающийся должен

знать:

- основные типы композиционных материалов;
- физико-химические основы создания композиционных материалов;
- основные характеристики и свойства композиционных материалов различного назначения;

уметь:

- выбирать композиционные материалы для конкретных целей;

владеть:

- навыками анализа научно-технической литературы в области композиционных материалов;
- методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
			6 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	108	3,0	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,89	32	0,89	32
Лекции	0,44	16	0,44	16
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	0,45	16
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-
Самостоятельная работа	2,11	76	2,11	76
Контактная самостоятельная работа	2,11	0,2	2,11	0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,8		75,8
Виды контроля:				
Зачет с оценкой	+	+	+	+
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
Вид итогового контроля:			Зачет с оценкой	

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
			6 семестр	
	ЗЕ	Астрон. ч.	ЗЕ	Астрон. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	81	3,0	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,89	24	0,89	24
Лекции	0,44	12	0,44	12
Практические занятия (ПЗ)	0,45	12	0,45	12
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-
Самостоятельная работа	2,11	57	2,11	57
Контактная самостоятельная работа	2,11	0,2	2,11	0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		56,8		56,8
Виды контроля:				
Зачет с оценкой	+	+	+	+

Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
Вид итогового контроля:			Зачет с оценкой	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Сам. работа
1	Основы композиционных материалов	42	8	6	28
1.1	Введение, основные определения, краткая характеристика композиционных материалов	8	2	-	6
1.2	Дисперсно-упрочненные композиционные материалы	10	2	2	6
1.3	Волокнистые и слоистые композиционные материалы	12	2	2	8
1.4	Композиционные материалы на металлической основе.	12	2	2	8
2	Типы композиционных материалов и области их применения	48	8	10	30
2.1	Керамические композиционные материалы	10	2	2	6
2.2	Углерод-углеродные композиционные материалы	12	2	2	8
2.3	Полимерные композиционные материалы	12	2	2	8
2.4	Наноккомпозиты	14	2	4	8
	Подготовка к зачету	18	-	-	18
	Всего часов	108	16	16	76

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основы композиционных материалов

Введение, основные определения, краткая характеристика композиционных материалов. Основные определения. Типы связи на границе раздела фаз. Цели создания композитов. История композиционных материалов. Классификация композиционных материалов по материалу композиции, типу арматуры ее ориентации, способу получения композиции и изделий из них. Типы структур композитов. Достоинства и недостатки композиционных материалов.

Дисперсно-упрочненные композиционные материалы. Классификация композиционных материалов по структурному признаку. Основные группы дисперсно-упрочненных композиционных материалов. Технология получения дисперсно-упрочненных композиционных материалов.

Волокнистые и слоистые композиционные материалы. Волокнистые композиционные материалы, их классификация. Основы торможения разрушения волокнистых композиционных материалов. Методы получения волокон и нитевидных кристаллов. Классификация нитевидных кристаллов по размерам. Создание покрытия на поверхности и ориентирование нитевидных кристаллов. Слоистые композиционные материалы. Физические основы торможения разрушения в слоистых композиционных материалах, основные механизмы. Получение слоистых композиционных материалов.

Композиционные материалы на металлической основе. История металловедения. Металлы, их строение, кристаллизация. Типы кристаллических решеток. Композиционные материалы с металлической матрицей, классификация, применение. Методы получения металлокомпозитов. Волокнистые металлические композиционные материалы, их характеристика, свойства и методы получения. Области применения волокнистых металлических композиционных материалов. Свойства и методы получения псевдосплавов на основе железа. Эвтектические композиционные материалы. Дисперсно-упрочненные

композиционные материалы на основе алюминия (спеченные алюминиевые порошки). Дисперсно-упрочненные композиционные материалы на основе бериллия, магния, никеля, кобальта.

Раздел 2. Типы композиционных материалов и области их применения

Керамические композиционные материалы. Классификация и применение керамики. Тугоплавкие соединения переходных металлов. Классификация по химическому составу. Оксиды алюминия, циркония, двойные соединения и твердые растворы в системах. Тройные соединения. Бескислотные тугоплавкие соединения. Силаны. Технология получения керамических материалов. Процессы получения тонкодисперсных порошков. Процессы получения волокон и нитевидных кристаллов.

Углерод-углеродные композиционные материалы. Аллотропные модификации углерода. Классификация углеродных материалов. Особенности, армирующие каркасы углерод-углеродных композиционных материалов. Свойства, смачиваемость углеродных материалов. Технология получения углерод-углеродных композиционных материалов. Матрицы углерод-углеродных композиционных материалов. Требования к покрытиям углерод-углеродных композиционных материалов. Трещиностойкость. Применение углерод-углеродных композиционных материалов.

Полимерные композиционные материалы. Наполнители композиционных материалов. Наполнители для нанокомпозитов. Классификация полимерных композиционных материалов. Механизм взаимодействия компонентов полимерных композиционных материалов. Критическая длина волокон. Гибридные и градиентные армированные пластики с регулируемыми механическими свойствами. Матрицы полимерных композиционных материалов. Смолы. Типы ненасыщенных полиэфирных смол. Получение полимерных композитов. Полимерные нанокомпозиты на основе органогилин. Огнестойкие полимерные нанокомпозиты. Методы повышения огнестойкости. Нанометаллы как антипирены. Композиты на основе нановолокон.

Нанокомпозиты. Понятие термина «нанокомпозит». Классификация нанокомпозитов. Современный рынок нанокомпозитов. Виды керамических композитов, их состав. Керметы. Керамические нанокомпозиты, их виды. Применение нанокомпозитов. Нанопокрывания. Гибридные органо-неорганические композиты. Самоочищающийся бетон. Наполнители для нанокомпозитов (углеродные нанотрубки). Композиты на основе нановолокон. Области применения нановолокон. Получение полимерных нанокомпозитов. Слоистые силикаты – глинистые минералы. «Интеллектуальные» полимерные композиты. Пожарная опасность полимеров. Механизмы снижения горючести полимерных материалов. Производство замедлителей горения. Огнестойкие свойства нанокомпозитов на основе слоистых соединений.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетенции	1	2
Знать:		
– основные типы композиционных материалов;	-	+
– физико-химические основы создания композиционных материалов;	+	+
– основные характеристики и свойства композиционных материалов различного назначения;	+	+
Уметь:		

Компетенции	1	2
– выбирать композиционные материалы для конкретных целей;	-	+
Владеть:		
– навыками анализа научно-технической литературы в области композиционных материалов;	+	+
– методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций;	+	+
Код и наименование ПК		
ПК-1.1. Знает основные типы металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	+	+
ПК-1.2. Умеет использовать на практике знания об основных типах материалов и о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	+	+
ПК-1.3. Владеет методами поиска и анализа информации об основных типах материалов и о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Предусмотрены практические занятия обучающегося в бакалавриате в объеме 16 акад. часов (0,45 зач. ед.).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1	Введение, основные определения, краткая характеристика композиционных материалов	2
2	1.2	Дисперсно-упрочненные композиционные материалы	2
3	1.3	Волокнистые и слоистые композиционные материалы	2
4	1.4	Композиционные материалы на металлической основе	2
5	2.1	Керамические композиционные материалы	2
6	2.2	Углерод-углеродные композиционные материалы	2
7	2.3	Полимерные композиционные материалы	2
8	2.4	Наноккомпозиты	2

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине «Композиционные материалы» не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины *«Композиционные материалы»* предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 76 часов (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;
- 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;
- подготовка реферата по указанным темам;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой по курсу.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

На практических занятиях предусмотрена защита 2 рефератов. Максимальная оценка за один реферат составляет 10 баллов, всего за рефераты предусмотрено 20 баллов.

Подготовка и защита реферата

Подготовка и защита реферата включает в себя поиск и детальный анализ одного источника научной информации (научной статьи или патента). Анализируется актуальность работы, описанной в статье или патенте, перспективность направления, достоинства, недостатки, практическая значимость и возможность внедрения. Максимальная оценка за реферат – 10 баллов. Объем реферата составляет 2-3 страницы.

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

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:

Максимальная оценка – 20 баллов.

1. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы. Применение, свойства, примеры.
2. Композитный порошок.
3. Керметы и их свойства. Применение, примеры.
4. Волокнистые композиционные материалы.
5. Слоистые композиционные материалы.
6. Нитевидные кристаллы. Получение, свойства и применение.
7. Кристаллизация металлов.

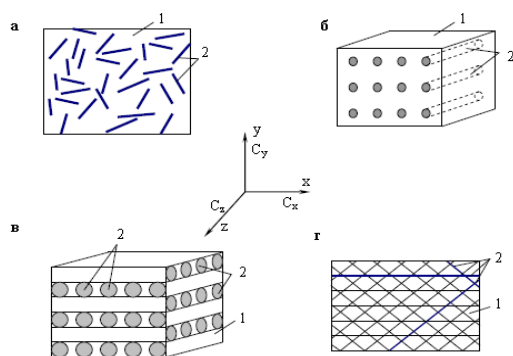
8. Композиционные материалы на металлической матрице.
9. Композиционные материалы на неметаллической матрице.
10. Псевдосплавы. Применение, свойства, примеры.
11. Тугоплавкие соединения переходных металлов.
12. Тонкодисперсные порошки.
13. Полимерные композиционные материалы с гибридной матрицей.
14. Керамические наноккомпозиты. Свойства, получение, примеры.
15. Модификаторы наноккомпозитов.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Изучение материала каждого модуля 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.

Раздел 1. Пример вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 10 вопросов тестовой части и один открытый вопрос.

1. Оксикерметы – это соединения с оксидной фазой:
 - а) керамической; б) металлической; в) с металлической и керамической;
 - г) все варианты правильные.
2. Граница раздела фаз между компонентами называется:
 - а) профаза; б) интерфаза; в) межфаза; г) нет правильного ответа
3. Где на рисунке изображен ортотропный волокнистый КМ?



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 *наноккомпозиты*:
 - 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. Перечислите методы получения СКМ. Более подробно расскажите о любом из методов.

Раздел 2. Пример вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 15 вопросов тестовой части.

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) профаза; б) интерфаза; в) межфаза; 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; г) гибридные МКМ; д) 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 (Зачет с оценкой)

Примеры вопросов к итоговой контрольной работе. Максимальная оценка 20 баллов. Контрольная работа в виде 2 вопросов, по 10 баллов за вопрос.

Максимальная оценка – 40 баллов.

1. Матрицы для композиционных материалов.
2. Армирующие компоненты для композиционных материалов.
3. Типы связи на границе раздела фаз.
4. Композиционные материалы. Определение, классификация, применение.
5. Достоинства и недостатки композиционных материалов.
6. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы.
7. Керамические композиционные материалы.
8. Полимерные композиционные материалы.
9. Углерод-углеродные композиционные материалы.
10. Наноккомпозиты.
11. Композиционные материалы на металлической основе.
12. Композиционные материалы на неметаллической основе.
13. Гибридные композиционные материалы.
14. Слоистые композиционные материалы.

15. Волокнистые композиционные материалы.

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

8.4 Структура и примеры билетов для итогового контроля (зачет с оценкой)

Зачет с оценкой по дисциплине «Композиционные материалы» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным модулям. 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» И.о. зав. кафедрой наноматериалов и нанотехнологии _____ Королева М.Ю..	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» Магистерская программа – «Химическая технология Профиль «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем» Квалификация «бакалавр»
	Композиционные материалы
Билет № 1	
1. Армирующие компоненты для композиционных материалов. 2. Композиционные материалы. Определение, классификация, применение.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Е. Н. Субчева. Композиционные материалы. Классификация, особенности свойств, применение и технология получения: учебное пособие /. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. - 128 с.

Б. Дополнительная литература

1. Власов С.В., Кандырин Л.Б., Кулезнев В.Н. и др. Основы технологии переработки пластмасс: учебник для студ. вузов /. - М. : Химия, 2004. - 600 с.

2. Дорошенко Ю.Е., Лебедева Е.Д.. Связующие для композиционных полимерных материалов: учебное пособие /. - М. : РХТУ. Издат. центр, 2003. - 56 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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
5. Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com, www.scopus.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/>

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 20);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 20).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «**Материаловедение и технологии материалов**»);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
- Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;
- Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;
- Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);
- Положение об организации и использовании электронного обучения и

дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf дата обращения: 30.05.2023);

– Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf дата обращения: 30.05.2023).

При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по курсу.

Учебный курс «Композиционные материалы» включает 2 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого модуля рекомендуется регулярное повторение законспектированного лекционного материала, а также дополнение его сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. 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 контрольных работ составляет по 20 баллов каждая.

Совокупная оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ и реферативно-аналитических работ. Максимальная оценка текущей работы в семестре составляет 60 баллов.

В соответствии с учебным планом изучение материала разделов заканчивается контролем его освоения в форме 2 контрольных работ (максимальная оценка 20 баллов за каждую контрольную работу) и зачетом с оценкой (максимальная оценка – 40 баллов).

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного

образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Основной задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине *«Композиционные материалы»*, является выработка у обучающихся понимания необходимости знания предмета для их дальнейшей работы в области создания и производства новых магнитных наноматериалов.

На первом вводном занятии рассматриваются основы композиционных материалов.

При рассмотрении классификации композиционных материалов преподавателю необходимо уделить особенное внимание обзору основных, наиболее распространённых композиционных материалов. Необходимо развить у студентов легкость в понимании данного курса.

При рассмотрении технологии получения различных композиционных материалов стоит уделить внимание практическим аспектам данных явлений – применение, актуальность и свойства.

В ходе рассмотрения всех модулей и разделов курса основной задачей преподавателя является дать студентам представление о возможностях практического использования композиционных материалов, способах получения и основных характеристиках.

С целью более эффективного усвоения обучающимися материала данной дисциплины при проведении практических занятий рекомендуется использовать мультимедийные презентации, графики и таблицы, иллюстрирующие изучаемый материал, демонстрационные фильмы.

Для более глубокого изучения предмета в рамках самостоятельной работы преподаватель может рекомендовать обучающимся ознакомление с публикациями в периодических журналах и Интернет-ресурсах и посещение выставок строительных материалов.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-

методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. 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 22.05.2019 составляет 1 708 372 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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Композиционные материалы» 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.

13.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям.

13.3. 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.

13.4. 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.

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
3.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	• Access • Publisher • InfoPath				
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы композиционных материалов	Знает: — физико-химические основы создания композиционных материалов; — основные характеристики и свойства композиционных материалов	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за реферат. Оценка на зачёте.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	различного назначения; Умеет: – выбирать композиционные материалы для конкретных целей; Владеть: – навыками анализа научно-технической литературы в области композиционных материалов; – методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций;	
Раздел 2. Типы композиционных материалов и области их применения	Знает: – основные типы композиционных материалов; – физико-химические основы создания композиционных материалов; – основные характеристики и свойства композиционных материалов различного назначения; Умеет: – выбирать композиционные материалы для конкретных целей; Владеет: – навыками анализа научно-технической литературы в области композиционных материалов; – методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций;	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за реферат. Оценка на зачёте.

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

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

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

- Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом

университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности 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
«МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

Направление подготовки

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

**Профиль – «Материаловедение и технологии наноматериалов и
наносистем»**

Квалификация - бакалавр

Москва 2025

Программа составлена старшим преподавателем кафедры наноматериалов и нанотехнологии А.И. Шарапаевым

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Наноматериалов и нанотехнологии

(Наименование кафедры)

«14 » мая 2025 г., протокол № 11

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем», рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к вариативной части учебного плана, к блоку дисциплин по выбору.

Цель дисциплины - приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области теории и практики разработки и использования магнитных материалов, включая магнитные наноматериалы.

Основной задачей дисциплины является формирование у обучающихся представлений об основных понятиях физики магнетизма и магнитных наночастиц, влиянии размера частиц на их магнитные свойства, классификацией магнитных наноматериалов, способами управления их характеристиками и путями практического использования, а также ознакомление обучающихся с основными методами исследования магнитных свойств материалов.

Дисциплина «*Магнитные свойства наноструктурированных композиционных материалов*» преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «*Магнитные свойства наноструктурированных композиционных материалов*» при подготовке бакалавров по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем» направлено на формирование следующих компетенций:

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы	ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	ПК-4.1. Знает основные типы наноматериалов и наносистем и их свойства, способы их анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и

комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред;			модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта
– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и	ПК-5. Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработки новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа	ПК-5.1 Знает основные виды источников научно-технической документации в области наноструктурированных материалов, методы ее поиска и анализа ПК-5.2 Умеет анализировать научно-техническую документацию в	Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н. А: Контроль соответствия сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства

группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	наноструктурированные покрытия; - нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности. - методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких, гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем;	научно-технической документации	области наноструктурированных материалов и применять полученную информацию для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов	наноструктурированных композиционных материалов техническим условиям и стандартам (уровень квалификации – 6) В: Контроль качества продукции и технической документации по производству наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6) Анализ опыта

В результате изучения дисциплины обучающийся должен
знать:

- типы магнитного упорядочения и классификацию магнитоупорядоченных материалов;
- основные характеристики ферро- и ферримагнитных материалов;
- связь макроскопических магнитных характеристик с внутренней структурой материала;
- существующие и перспективные области применения магнитных наноматериалов;
- способы получения основных типов магнитных наноматериалов и особенности выбора метода для обеспечения требуемых магнитных свойств.

уметь:

- теоретически оценивать магнитные характеристики новых ферро- и ферримагнитных материалов основных классов;
- производить обоснованный выбор состава, структуры и способа получения магнитных наноматериалов для конкретных областей применения;
- проводить анализ магнитометрических исследований и сопоставление их результатов с составом и структурой исследованных магнитных наноматериалов;
- применять теоретические знания в области магнетизма наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии.

владеть:

- навыками получения основных классов магнитных наноматериалов;
- методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения магнитных наноматериалов;
- навыками освоения и применения новых методов исследования магнитных свойств наноматериалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
			6 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	108	3,0	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	1,33	48
Лекции	0,89	32	0,89	32
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	0,44	16
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-
Самостоятельная работа	1,67	60	1,67	60
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,2	1,67	0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8		59,8
Виды контроля:				
Зачет	+	+	+	+
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
Вид итогового контроля:			Зачет	

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
			6 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,0	81	3,0	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	36	1,33	36
Лекции	0,89	24	0,89	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	12	0,44	12
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-
Самостоятельная работа	1,67	45	1,67	45
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,15	1,67	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		44,85		44,85
Виды контроля:				
Зачет	+	+	+	+
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
Вид итогового контроля:			Зачет	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п.п.	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1	Основы магнетизма и теории магнитного упорядочения	36	10	4	-	22
1.1	Основы магнетохимии	6	2	-	-	6
1.2	Магнитное упорядочение в материалах	12	4	2	-	8
1.3	Магнитная анизотропия и магнитострикция.	12	4	2	-	8
2	Типы магнитных наноматериалов и области их применения	36	12	6	-	18
2.1	Доменная структура и процессы намагничивания	12	4	2	-	6
2.2	Основные типы магнитных наноматериалов и особенности их магнитных свойств	12	4	2	-	6
2.3	Магнитные жидкости	12	4	2	-	6
3	Взаимодействие наноматериалов с электромагнитными полями и методы исследования	36	10	6	-	20
3.1	Магнитные резонансы и индуцированные магнитным полем магнитные фазовые переходы	12	4	2	-	6
3.2	Наноматериалы для магнитной записи информации	10	2	2	-	6
3.2	Методы исследования магнитных наноматериалов	14	4	2	-	8

	Всего часов	108	32	16	-	60

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основы магнетизма и теории магнитного упорядочения

Основы магнетохимии. Основные понятия. Классификация веществ по отношению к магнитному полю. Классические и квантово-механические трактовки диа- и парамагнетизма. Закон Кюри-Вейсса. Спиновый и орбитальный магнитные моменты. Орбитальное вырождение. Парамагнетизм соединений d- и f-элементов, парамагнетизм электронов проводимости.

Магнитное упорядочение в материалах. Обменное взаимодействие. Модель Гайзенберга-Дирака-Ван-Флека. Механизмы обмена, типы обмена, примеры обменных кластеров. Типы магнитного упорядочения. Спонтанная намагниченность. Магнитный момент в ферро- и ферримагнетиках. Представления теории молекулярного поля Вейсса. Температурные зависимости магнитной восприимчивости. Ферримагнетики – ферриты шпинели, теория Нееля, ферриты гранаты, гексагональные ферриты.

Магнитная анизотропия и магнитострикция. Связь структуры магнитных характеристик материала. Магнитокристаллическая анизотропия, обменная магнитная анизотропия и анизотропия формы. Магнитоупругое взаимодействие, магнитострикция. Магнитостатическая энергия, размагничивающее поле. Слабый ферромагнетизм. Пьезомагнитный и магнитоэлектрический эффект.

Раздел 2. Типы магнитных наноматериалов и области их применения

Доменная структура и процессы намагничивания. Доменная структура, границы доменов. Магнетосопротивление. Основные виды магнитных материалов. Доменная структура одноосных ферромагнетиков. Движение доменной стенки. Динамика магнитных доменов. Процесс намагничивания, стабилизация магнитного состояния и динамические эффекты процесса намагничивания. Основные типы магнитотвёрдых и магнитомягких материалов, и их дисперсные состояния, сравнительные характеристики, способы получения, взаимосвязи состав-структура-свойства.

Основные типы магнитных наноматериалов и особенности их магнитных свойств. Влияние размера частиц на магнитные свойства. Основные параметры, зависящие от размерного эффекта. Изменение коэрцитивной силы с уменьшением размера частицы. Внутренний и внешний суперпарамагнетизм. Температура блокировки. Оценка размеров наночастиц по данным магнитной восприимчивости. Магнитные свойства анизотропных наночастиц. Устройства записи, хранения и преобразования информации на основе ферромагнетиков. Материалы с коллосальным магнетосопротивлением. Магнитоактивные нанокомпозиты и материалы для магнитной записи. Магнитные сенсоры. Магнитооптические устройства. Устройства спинтроники. Магнитокалорические материалы и, особенности кристаллической структуры, методов получения и пути практического использования. Магнитные наноматериалы в медицине.

Магнитные жидкости. Основные характеристики дисперсий магнитных частиц. Условия устойчивости магнитных жидкостей. Поведение магнитной жидкости в неоднородном магнитном поле, основы феррогидродинамики. Поведение магнитных и немагнитных частиц в магнитной жидкости в магнитном поле: магнитная левитация и разделение материалов по плотности. Основные применения магнитных жидкостей: магнитная сепарация, магнитожидкостные уплотнения, магнитожидкостные амортизаторы и демпферы.

Раздел 3. Взаимодействие наноматериалов с электромагнитными полями и методы исследования

Магнитные резонансы и индуцированные магнитным полем магнитные фазовые переходы. Индуцированные магнитным полем спин-ориентационные переходы. Индуцированные магнитным полем неколлинеарные магнитные структуры в

ферромагнетиках. Основы теории магнитных резонансов. Ферромагнитный резонанс. Ферримагнитный резонанс. Антиферромагнитный резонанс. Влияние структуры и магнитных свойств материала на резонансную частоту при естественном ферромагнитном резонансе. Применение ферро- и ферримагнитных наночастиц для создания материалов и покрытий со сниженной радио-заметностью. Ядерный магнитный резонанс – основы метода, спин-спиновая и спин-решеточная релаксация, принципы ЯМР-томографии и использование наночастиц в качестве контрастных агентов.

Наноматериалы для магнитной записи информации. Наноматериалы, используемые в носителях информации вычислительной техники. Эволюция подходов и современные возможности повышения плотности магнитной записи.

Методы исследования магнитных наноматериалов. Методы измерения магнитной восприимчивости: метод Гуи, весы Фарадея, вибромагнетометр, СКВИД-магнетометр, индуктивные измерения. Принципы измерений, стандарты, обработка данных измерений. Мессбауэровская спектроскопия – теоретические основы метода, принципы устройства приборов, обработка и интерпретация данных измерений.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	типы магнитного упорядочения и классификацию магнитоупорядоченных материалов;	+	+	
2	основные характеристики ферро- и ферримагнитных материалов;	+	+	
3	связь макроскопических магнитных характеристик с внутренней структурой материала;		+	+
4	существующие и перспективные области применения магнитных наноматериалов;		+	
5	способы получения основных типов магнитных наноматериалов и особенности выбора метода для обеспечения требуемых магнитных свойств;		+	
	Уметь:			
6	теоретически оценивать магнитные характеристики новых ферро- и ферримагнитных материалов основных классов;	+	+	
7	производить обоснованный выбор состава, структуры и способа получения магнитных наноматериалов для конкретных областей применения;		+	
8	проводить анализ магнитометрических исследований и сопоставление их результатов с составом и структурой исследованных магнитных наноматериалов;		+	+
9	применять теоретические знания в области магнетизма наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии;	+	+	+
	Владеть:			
10	навыками получения основных классов магнитных наноматериалов;		+	
11	методологическими подходами и навыками выявления	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения магнитных наноматериалов;			
12	навыками освоения и применения новых методов исследования магнитных свойств наноматериалов;			+
	Код и наименование ПК			
13	ПК-4 Способен использовать знания основных типов наноматериалов и наносистем и их свойств для анализа и контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных материалов	+	+	+
14	ПК-5 Способен использовать знания в области физико-химии и технологии наноматериалов для разработке новых и совершенствованию действующих методов проведения анализов, испытаний и исследований наноматериалов и составления и анализа научно-технической документации	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

По дисциплине *«Магнитные свойства наноструктурированных композиционных материалов»* предусмотрены практические занятия обучающегося в бакалавриате в объеме 16 акад. ч. Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Магнитное упорядочение в материалах	2
2	1	Магнитная анизотропия и магнитострикция	2
3	2	Доменная структура и процессы намагничивания	2
4	2	Основные типы магнитных наноматериалов и особенности их магнитных свойств	2
5	2	Магнитные жидкости	2
6	3	Магнитные резонансы и индуцированные магнитным полем магнитные фазовые переходы	2
7	3	Наноматериалы для магнитной записи информации	2
8	3	Методы исследования магнитных наноматериалов	2

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 22.03.01 проведение практических занятий по дисциплине *«Магнитные свойства наноструктурированных композиционных материалов»* учебным планом не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «**Магнитные свойства наноструктурированных композиционных материалов**» предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 60 часов (1,67 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.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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 разделам 1 и 2 представляет собой набор из 2 контрольных заданий и тестовой части из 10 вопросов, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала.

Пример варианта контрольной работы по разделу 1:

1. Оцените намагниченность насыщения материала следующего состава: $Zn_{0,2}Fe_{2,8}O_4$. Плотность материала примите равной 5000 кг/м^3 . Данная шпинель является частично-обращённой – ионы цинка расположены в тетраэдрических положениях, ионы двухвалентного железа – в октаэдрических.
2. Определите коэрцитивную силу однодоменных вытянутых наночастиц железа, обусловленную анизотропией формы при намагничивании вдоль длинной оси частицы. Частицы имеют форму эллипсоида вращения, соотношение длинной и короткой осей эллипсоида – 5. Размагничивающие факторы вдоль осей примите равными 0,06 и 0,47 соответственно. Намагниченность насыщения материала примите равной 1,2 МА/м.

Пример тестовой части контрольной работы по разделу 1:

- 1) Магнитный момент атома (иона) ...
 - а) определяется количеством не спаренных электронов;
 - б) зависит от характера спин-орбитального взаимодействия;
 - в) зависит от температуры;
 - г) зависит от магнитной восприимчивости материала.
- 2) По правилу Хунда электроны заполняют орбитали так, чтобы ...
 - а) спиновое квантовое число подслоя было максимальным;
 - б) орбитальное квантовое число подслоя было максимальным;
 - в) главное квантовое число подслоя было максимальным;
 - г) магнитные квантовые числа были максимальны.
- 3) Магнитный момент атомов и ионов (в магнетонах Бора) численно равен:
 - а) величине спин-орбитального взаимодействия;

- б) удвоенной разности спинов неспаренных электронов;
 - в) произведению спинов неспаренных электронов;
 - г) удвоенной сумме спинов неспаренных электронов.
- 4) Парамагнетизм определяется:
- а) сверхобменным взаимодействием;
 - б) взаимодействием поля с магнитным моментом отдельного атома;
 - в) спин-орбитальным взаимодействием;
 - г) взаимодействием поля с магнитным моментом атомного ядра.
- 5) Антиферромагнетики:
- а) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых направлены в одну сторону;
 - б) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых направлены в противоположные стороны и равны между собой;
 - в) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых направлены в противоположные стороны и не равны между собой;
 - г) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых ориентированы под некоторым углом друг к другу (кроме 0° и 90°).
- 6) Ферромагнетики:
- а) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых направлены в одну сторону;
 - б) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых направлены в противоположные стороны и равны между собой;
 - в) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых направлены в противоположные стороны и не равны между собой;
 - г) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых ориентированы под некоторым углом друг к другу (кроме 0° и 90°).
- 7) Магнитная упорядоченность в металлических ферромагнетиках возникает в результате:
- а) индукции;
 - б) дедукции;
 - г) обменного взаимодействия;
 - д) сверхобменного взаимодействия.
- 8) Обменное (сверхобменное) взаимодействие:
- а) имеет классическую природу, не зависит от расстояния между атомами и ориентации связей;
 - б) имеет квантовую природу, зависит от расстояния между атомами и ориентации связей;
 - в) имеет квантовую природу, не зависит от расстояния между атомами и ориентации связей;
 - г) имеет квантовую природу, зависит от расстояния между атомами и температуры.
- 9) Энергия магнитной анизотропии:
- а) энергия, которую необходимо затратить для отклонения вектора намагниченности от оси лёгкого намагничивания;
 - б) энергия, которую необходимо затратить для возвращения вектора намагниченности к оси лёгкого намагничивания;
 - в) энергия, необходимая для изменения анизотропии материала за счёт магнитных сил;
 - г) энергия, расходуемая на нагрев материала.
- 10) Коэрцитивная сила:
- а) напряжённость магнитного поля, необходимая для намагничивания материала;
 - б) сила притяжения двух полюсов намагниченного материала;
 - в) сила отталкивания двух полюсов намагниченного материала;

г) напряжённость магнитного поля, необходимая для размагничивания материала.

Пример варианта контрольной работы по разделу 2:

1. Вычислите максимальный размер наночастиц Fe_3O_4 устойчивых к седиментации под действием внешнего магнитного поля, при напряжённости поля $8 \cdot 10^4$ А/м, намагниченности насыщения частиц $60 \text{ А} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$ и плотности материала $5000 \text{ кг}/\text{м}^3$. Температуру примите равной 315 К .
2. Энергетическим методом оцените намагниченность насыщения магнитной фазы, при которой магнитная жидкость, содержащая 35 % об. магнитного компонента, будет иметь эффективную плотность $10 \text{ г}/\text{мл}$. Плотность магнитного материала – $5000 \text{ кг}/\text{м}^3$, градиент напряжённости магнитного поля – $6,3 \cdot 10^6 \text{ А}/\text{м}^2$.

Пример тестовой части контрольной работы по разделу 2:

- 1) Магнитотвёрдые материалы:
 - а) магнитные материалы, имеющие твёрдость выше 50 НВ;
 - б) магнитные материалы, имеющие твёрдость выше 5 НВ;
 - в) магнитные материалы, имеющие коэрцитивную силу выше 50 Э;
 - г) магнитные материалы, имеющие коэрцитивную силу выше 5 Э.
- 2) Магнитный домен:
 - а) область, в которой магнитные моменты атомов (ионов) направлены в одну сторону;
 - б) область, в которой направление магнитных моментов атомов изменяется на противоположное;
 - в) область, в которой градиент напряжённости магнитного поля направлен в одну сторону;
 - г) все варианты не верны.
- 3) При каком размере кристаллитов коэрцитивная сила достигает максимального значения:
 - а) при максимальном размере кристаллитов;
 - б) при размере кристаллитов больше однодоменного состояния;
 - в) при размере кристаллитов меньше однодоменного состояния;
 - г) при размере кристаллитов соответствующем однодоменному состоянию.
- 4) Образование доменной структуры в магнитных материалах вызвано:
 - а) стремлением системы к уменьшению поверхностной энергии;
 - б) стремлением системы к увеличению потенциальной энергии;
 - в) стремлением системы к уменьшению влияния размагничивающих полей;
 - г) стремлением системы к поддержанию термодинамического равновесия.
- 5) При нагревании ферромагнетика выше температуры Кюри происходит переход в:
 - а) диамагнитное состояние;
 - б) парамагнитное состояние;
 - в) суперпарамагнитное состояние;
 - г) супердиамагнитное состояние.
- 6) Суперпарамагнетизм возникает в результате:
 - а) возбуждения магнонов (квантов спиновых колебаний);
 - б) тепловых колебаний, приводящими к потере магнитной упорядоченности;
 - в) рассеяния фононов на магнонах (квантах спиновых колебаний);
 - г) тепловых колебаний, приводящих к вращению/перевороту магнитного момента без потери магнитной упорядоченности.
- 7) Внешний суперпарамагнетизм связан с:
 - а) вращением частицы как целого;
 - б) одновременным переворотом спинов атомов;
 - в) возбуждением магнонов (квантов спиновых колебаний);
 - г) магнитным разупорядочиванием материала.

- 8) При увеличении размера частиц магнитной жидкости наиболее быстро растёт:
- а) Ван дер Ваальсова составляющая межчастичного взаимодействия;
 - б) энергия стерической стабилизации;
 - в) энергия кулоновского отталкивания;
 - г) энергия магнитного взаимодействия.
- 9) В присутствии внешнего магнитного поля в магнитной жидкости происходит:
- а) образование коллоидом;
 - б) образование «цепочек» магнитных наночастиц;
 - в) рост размеров магнитных наночастиц;
 - г) уменьшение размеров магнитных наночастиц.
- 10) Магнитная жидкость обязательно должна быть:
- а) нетоксичной;
 - б) нелетучей;
 - в) устойчивой к агрегации;
 - г) вязкой.

Контрольная работа по разделу 3 представляет собой набор из 2 открытых вопросов.

Пример варианта контрольной работы по разделу 3:

1. Оценка размера наночастиц из данных магнитной восприимчивости.
2. Мессбауэровская спектроскопия в применении к магнитным наноматериалам: теоретические основы метода, принципы устройства приборов.

Примеры контрольных вопросов контрольной работы №4. Максимальная оценка – 40 баллов. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 1:

1. Классификация веществ по отношению к магнитному полю. Диамагнетизм, парамагнетизм. Закон Кюри-Вейсса.
2. Спиновый и орбитальные магнитные моменты. Орбитальное вырождение.
3. Парамагнетизм соединений d-элементов. Парамагнетизм электронов проводимости.
4. Обменное магнитное взаимодействие. Механизмы обменного взаимодействия.
5. Дальний порядок спинов. Ферро- и антиферромагнетики, температурные зависимости магнитной восприимчивости.
6. Способы упорядочения магнитных моментов в веществе. Спонтанная намагниченность. Представления теории молекулярного поля.

Вопрос 2:

1. Магнитный момент в ферро- и ферримагнетиках.
2. Магнитокристаллическая анизотропия.
3. Магнитоупругое взаимодействие. Магнитостатическая энергия, размагничивающее поле.
4. Доменная структура магнитоупорядоченных материалов.
5. Суперпарамагнетизм.
6. Магнетосопротивление.

Вопрос 3:

1. Основные виды магнитных материалов.
2. Кривая намагниченности ферромагнетика.
3. Влияние размера частиц на магнитные свойства ферро- и ферримагнетиков.
4. Изменение коэрцитивной силы при уменьшении размера магнитной частицы. Температура блокировки.
5. Оценка размера наночастиц из данных магнитной восприимчивости.
6. Магнитные свойства анизотропных наночастиц.

7. Магнитные жидкости. Условия устойчивости. Применения.

Вопрос 4:

1. Устройства записи, хранения и преобразования информации на основе ферромагнетиков.

2. Магнитооптические устройства. Устройства спинтроники.

3. Современные наноматериалы, используемые в носителях информации. Развитие походов и современные возможности повышения плотности магнитной записи.

4. Достижения и перспективы использования магнитных наноматериалов в области биологии и медицины.

5. Методы измерения магнитной восприимчивости: весы Фарадея, вибромагнетометр, СКВИД-магнетометр, индуктивные измерения.

6. Мессбауэровская спектроскопия в применении к магнитным наноматериалам: теоретические основы метода, принципы устройства приборов, обработка и интерпретация данных измерений.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - М. : Бином, 2011. - 293 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-0290-1. - 293 с.

2. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г. И. Епифанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1001-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210671> (дата обращения: 22.04.2023).

3. Матухин, В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210305> (дата обращения: 22.04.2023).

Б. Дополнительная литература

1. Войтович, И.Д. Нанoeлектронная элементная база информатики на основе полупроводников и ферромагнетиков [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Д. Войтович, В.М. Корсунский. — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 456 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100266>. (дата обращения: 22.04.2023).

2. Электричество и магнетизм : учебное пособие / Ш. А. Пиралишвили, Е. В. Шалагина, Н. А. Каляева, Е. А. Попкова. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 160 с. — ISBN 978-5-8114-2430-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/209804> (дата обращения: 22.04.2023).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

1. Журнал «Journal of Magnetism and Magnetic Materials», ISSN 0304-8853

2. Журнал «Applied Magnetic Resonance», ISSN 0937-9347

3. Журнал «Magnetohydrodynamics», ISSN 0024-998X

4. Журнал «Magnetic resonance in solids, electronic journal», ISSN 2072-5981

5. Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com, www.scopus.com.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

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

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- 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 такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки **«Материаловедение и технологии материалов»**);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
- Профессиональный стандарт 26.001 «Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2015 № 589н;
- Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н;
- Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 30.05.2023);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/ (дата обращения: 30.05.2023);
- Положение об организации и использовании электронного обучения и

дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020, протокол № 9, введенное в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 27.03.2020 № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf дата обращения: 30.05.2023);

– Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 26.11.2020 № 117ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf дата обращения: 30.05.2023).

При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.03.2022).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 30.05.2023).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по дисциплине.

Дисциплина «*Магнитные свойства наноструктурированных композиционных материалов*» включает 3 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого раздела рекомендуется регулярное повторение законспектированного лекционного материала, а также дополнение его сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. 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.

Совокупная оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ. Максимальная общая оценка по дисциплине составляет 100 баллов.

10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

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

дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий

Основной задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине «*Магнитные свойства наноструктурированных композиционных материалов*», является выработка у обучающихся понимания необходимости знания предмета для их дальнейшей работы в области создания и производства новых магнитных наноматериалов.

На первом вводном занятии при рассмотрении истории и потенциала развития физики магнетизма и магнитных материалов следует показать, что все материалы являются в той или иной степени магнитными.

При рассмотрении магнитного упорядочения в материалах преподавателю необходимо уделить особое внимание обзору основных, наиболее распространённых в нанотехнологической практике типов ферритмагнетиков. Необходимо развить у студентов легкость в оценке магнитного момента и намагниченности основных типов ферритмагнитных материалов, для обеспечения возможности разумного выбора их состава.

При рассмотрении магнитной анизотропии и магнитострикции стоит уделить внимание практическим аспектам данных явлений – связи анизотропии с макроскопическими магнитными характеристиками и возможностями использования магнитострикции.

В ходе рассмотрения всех разделов дисциплины основной задачей преподавателя является дать студентам представление о возможностях практического использования магнитных наноматериалов, способах и потенциале контроля магнитных характеристик магнитных наночастиц.

С целью более эффективного усвоения обучающимися материала данной дисциплины при проведении практических занятий рекомендуется использовать мультимедийные презентации, графики и таблицы, иллюстрирующие изучаемый материал, демонстрационные фильмы.

Для более глубокого изучения предмета в рамках самостоятельной работы преподаватель может рекомендовать обучающимся ознакомление с публикациями в периодических журналах и Интернет-ресурсах и посещение выставок строительных материалов.

11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка

учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева обеспечивает информационную поддержку всем направлениям деятельности университета, содействует подготовке высококвалифицированных специалистов, совершенствованию учебного процесса, научно-исследовательской работы, способствует развитию профессиональной культуры будущего специалиста.

Структура и состав библиотечного фонда соответствуют требованиям Примерного положения о формировании фондов библиотеки высшего учебного заведения, утвержденного приказом Минобразования и науки от 27.04.2000 г. № 1246. ИБЦ университета обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по всем дисциплинам основной образовательной программы и гарантирует возможность качественного освоения обучающимся образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль – «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем».

Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 22.05.2019 составляет 1 708 372 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.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Магнитные 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.

13.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям.

13.3. 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.

13.4. 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.

13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
3.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	Microsoft	Контракт № 28-	12 месяцев	Лицензия на ПО,	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	35ЭА/2020 от 26.05.2020	(ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	принимающее участие в образовательных процессах.	
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы магнетизма и теории магнитного упорядочения	<i>Знает:</i> типы магнитного упорядочения и классификацию магнитоупорядоченных материалов; основные характеристики ферро- и ферримагнитных материалов; <i>Умеет:</i> теоретически оценивать магнитные характеристики новых ферро- и ферримагнитных материалов основных классов; применять теоретические знания в области магнетизма наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии; <i>Владеет:</i> методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения магнитных наноматериалов.	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за контрольную работу № 4.
Раздел 2. Типы магнитных наноматериалов и области их применения	<i>Знает:</i> – типы магнитного упорядочения и классификацию магнитоупорядоченных материалов; – основные характеристики ферро- и ферримагнитных материалов; – связь макроскопических магнитных характеристик с внутренней структурой материала; – существующие и перспективные области применения магнитных наноматериалов; – способы получения основных типов магнитных наноматериалов и особенности выбора метода для обеспечения требуемых магнитных свойств; <i>Умеет:</i> – теоретически оценивать магнитные характеристики новых ферро- и ферримагнитных материалов основных классов; – производить обоснованный выбор состава, структуры и способа получения магнитных наноматериалов для конкретных областей применения; – проводить анализ магнитометрических исследований и	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за контрольную работу № 4

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	сопоставление их результатов с составом и структурой исследованных магнитных наноматериалов; – применять теоретические знания в области магнетизма наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии; <i>Владеет:</i> – навыками получения основных классов магнитных наноматериалов; – методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения магнитных наноматериалов.	
Раздел 3. Взаимодействие наноматериалов с электромагнитными полями и методы исследования	<i>Знает:</i> – связь макроскопических магнитных характеристик с внутренней структурой материала; <i>Умеет:</i> – проводить анализ магнитометрических исследований и сопоставление их результатов с составом и структурой исследованных магнитных наноматериалов; – применять теоретические знания в области магнетизма наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии; <i>Владеет:</i> – методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения магнитных наноматериалов; – навыками освоения и применения новых методов исследования магнитных свойств наноматериалов.	Оценка за контрольную работу № 3. Оценка за контрольную работу № 4

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

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

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

специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

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



РХТУ им. Д.И. Менделеева
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Лемешев Дмитрий Олегович
Проректор по учебной работе,
Ректорат

Подписан: 16:01:2026 19:21:48