

**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  
«Физико-химия наноструктурированных материалов»**

Направление подготовки **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль подготовки – **«Химическая технология наноматериалов»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

Программа составлена профессором д.х.н. Королевой М.Ю., к.х.н., доцентом Белозёровой Е.В.

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 **28.03.03 Наноматериалы** (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 «**Физико-химия наноструктурированных материалов**» относится к обязательным дисциплинам учебного плана, части, определяемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины 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.

**Задачи дисциплины** – 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 «**Физико-химия наноструктурированных материалов**» преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				
1. 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; 2. участие в работе группы специалистов при выполнении	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия;	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках
			<b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	

<p>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;</p> <p>3. сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>- 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.</p>		<p><b>ПК-1.3</b> Владеет методами оценки влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>	<p>направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.</p> <p>А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p>
---	---	--	---	---

				Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)
4. 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) органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с	<b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов <b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями

<p>5. 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;</p> <p>6. сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>нанопленки и наноструктурированные покрытия;</p> <p>- 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;</p> <p>- нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и жизнедеятельности.</p>	<p>учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности</p>	<p>информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов</p> <p><b>ПК-3.3</b> Владеет навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения</p>	<p>работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.</p> <p>А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных</p>
--	--	---	---	---

				<p>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)</p>
--	--	--	--	--



В результате изучения дисциплины студент бакалавриата 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.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>7,0</b>	<b>252</b>	<b>189</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>3,11</b>	<b>112</b>	<b>84</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
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
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,89</b>	<b>104</b>	<b>78</b>
Контактная самостоятельная работа	2,89	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		104	78
<b>Вид контроля:</b>			
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Экзамен</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Фундаментальные понятия о наноматериалах и нанотехнологии</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>20</b>
1.1	Введение. Основные понятия о свойствах наноматериалах и нанотехнологии	9	-	2	1	-	-	6
1.2	Общие свойства и типы нанобъектов	9	-	2	1	-	-	6
1.3	Основные типы наноструктур в электронике	12	-	2	2	-	-	8
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Основные виды наноструктур</b>	<b>160</b>	<b>64</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>66</b>
2.1	Порошки и объемные наноструктурные материалы	34	16	4	2	16	16	12
2.2	Углеродные наноматериалы	18	-	4	2	-	-	12
2.3	Кластеры	9	-	2	1	-	-	6
2.4	Наноструктуры в жидкостях	49	32	4	1	32	32	12
2.5	Наноструктурные пленки, покрытия и поверхностные слои	32	16	2	2	16	16	12
2.6	Пористые тела. Мембраны	18	-	4	2	-	-	12
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Супрамолекулярные ансамбли и наномашинны</b>	<b>26</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>18</b>
3.1	Супрамолекулярные ансамбли	9	-	2	1	-	-	6
3.2	Ассемблеры и молекулярные машины	9	-	2	1	-	-	6
3.3	Нанобъекты в окружающей среде. Заключение	8	-	2	-	-	-	6
	<b>ИТОГО</b>	<b>216</b>	<b>64</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>104</b>
	<b>Экзамен</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
	<b>ИТОГО</b>	<b>252</b>						

## **4.2 Содержание разделов дисциплины**

### **Раздел 1. Фундаментальные понятия о наноматериалах и нанотехнологии**

1.1. Введение. Основные понятия о наноматериалах и нанотехнологии. Что такое «нано». Определение нанобъекта. Определение нанотехнологии. Основные причины особых свойств нанобъектов. Размерный эффект. Наноматериалы. Развитие науки о наноструктурах и наноматериалах. Особые свойства наноматериалов. Нанотехнология. Задачи и возможности нанотехнологии на современном этапе.

1.2. Общие свойства и типы нанобъектов. Классификация нанобъектов. Нанобъекты в твердом веществе, в жидкостях и газах. Особые физические и химические свойства нанобъектов 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 нанобъектов. Квазиравновесие в наносистемах. Устойчивость нанобъектов. Кинетика процессов в наносистемах. Физические, химические свойства нанобъектов: 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**

2.1. 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.

2.2. 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 нанобъектов: наночастиц, фуллеренов, нанотрубок, нановолокон. Области их применения.

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

2.4. 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, золей, гелей.

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

2.6. Пористые тела. Физические и химические свойства нанобъектов - 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 наномашинны**

3.1. Супрамолекулярные ансамбли. Молекулярное распознавание, информация, комплементарность. Процессы переноса с носителями. Молекулярные и

супрамолекулярные устройства. Самосборка и самоорганизация запрограммированных супрамолекулярных систем.

3.2. Ассемблеры и молекулярные машины. Наномеханические и нанoeлектронные устройства. Ассемблеры и молекулярные машины.

3.3. Нанобъекты в окружающей среде. Природные нанобъекты. «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

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	<b>Знать:</b>				
1	– основные типы наноматериалов и наноструктур, их основные физические и химические свойства и основные способы их получения	+	+	-	
2	– основные перспективные области применения различных видов наноматериалов	-	+	+	
	<b>Уметь:</b>				
3	– выбирать необходимые виды наноматериалов и наноструктур	-	+	-	
4	– видеть перспективы возможного применения новых наноматериалов и наносистем	+	+	+	
5	– ориентироваться в литературе, посвященной различным наноматериалам и наноструктурам	+	+	+	
	<b>Владеть:</b>				
5	– методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций	+	+	+	
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>					
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
6	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+
7		<b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+
8		<b>ПК-1.3</b> Владеет методами оценки влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+
9	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы,	<b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	+	+	+

10	включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	<b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов	+	+	+
11		<b>ПК-3.3</b> Владеет навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Введение. Основные понятия о свойствах наноматериалах и нанотехнологии	1
2	1	Общие свойства и типы нанообъектов	1
3	1	Основные типы наноструктур в электронике	2
4	2	Порошки и объемные наноструктурные материалы	2
5	2	Углеродные наноматериалы	2
6	2	Кластеры	1
7	2	Наноструктуры в жидкостях	1
8	2	Наноструктурные пленки, покрытия и поверхностные слои	2
9	2	Супрамолекулярные ансамбли	1
10	3	Ассемблеры и молекулярные машины	1

### 6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Физико-химия наноструктурированных материалов*», а также дает знания о сложившихся и перспективными областями применения наноматериалов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 20 баллов (максимально по 5 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	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:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *экзамена* по дисциплине.

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

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

### **8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.**

Реферативно-аналитическая работа студентов по дисциплине *«Физико-химия наноструктурированных материалов»* не предусмотрена.

### **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 контрольные работы 1 и 2 составляет по 20 баллов за каждую. Максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 составляет 40 баллов, по 20 баллов за каждую работу.

#### **Раздел 1,2. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 15 вопросов, по 1 баллов за вопрос.**

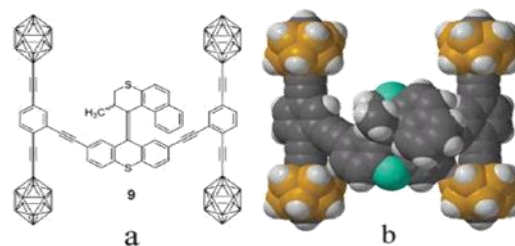
1. Какой из фуллеренов является наиболее устойчивым?
2. В СССР при создании диффузионных технологий изотопного обогащения урана и технологических операций ядерно-топливного цикла были впервые синтезированы наноразмерные металлические порошки. Их производство (УЭХК, г. Новоуральск) и успешное применение 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. Температурный 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 макрокристаллических материалах?
8. Тонкие 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?

**Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 15 вопросов, по 1 баллов за вопрос.**

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.

### 8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен)

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса.

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

Примеры вопросов:

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 MCM-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»?

Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов.

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

### 8.4. Структура и примеры билетов для экзамена

Экзамен по дисциплине «*Физико-химия наноструктурированных материалов*» проводится в 7 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1,2 и 3 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 первый вопрос – 20 баллов, второй – 20 баллов.

Пример билета для экзамена:

<p>«Утверждаю» И.о. зав. кафедрой наноматериалов и нанотехнологии _____ Королева М.Ю. (Подпись) «__» _____ 20__ г.</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра наноматериалов и нанотехнологии</b>
	<b>28.03.03 Наноматериалы</b>
	<b>Профиль – «Химическая технология наноматериалов» Физико-химия наноструктурированных материалов</b>
<b>Билет № 1</b>	
<p>1. SWNT - однослойные углеродные нанотрубки.</p> <p>2. Метод Г.Глейтера получения наноматериалов.</p>	

## 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. 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.

#### Б. Дополнительная литература

1. Шабанова Н. А., Саркисов П.Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012, 328 с.
2. Генералов М.Б. Основные процессы криохимической нанотехнологии. Теория и методы расчета: учебное пособие, СПб.: Профессия, 2010, 348 с. 7 экз.
3. 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.
4. 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

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

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
2. Журнал «Коллоидный журнал», ISSN 0023-2912

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Сайт кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева <http://nano.muctr.ru/>
2. Сайт Роснано <http://www.rusnano.com>
3. Сайт о нанотехнологиях в России <http://www.nanonewsnet.ru>

### 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 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).

## **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 **«Физико-химия наноструктурированных материалов»** проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью. Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Лаборатория, 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).

#### **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	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Publisher InfoPath</li></ul>			
--	--	--	--	--

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p><b>Раздел 1.</b> Фундаментальные понятия о наноматериалах и нанотехнологии</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные типы наноматериалов и наноструктур, их основные физические и химические свойства и основные способы их получения;</li> <li>– основные перспективные области применения различных видов наноматериалов;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– видеть перспективы возможного применения новых наноматериалов и наносистем;</li> <li>– ориентироваться в литературе, посвященной различным наноматериалам и наноструктурам;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №1 (7 семестр)</p> <p>Оценка за экзамен (7 семестр)</p>
<p><b>Раздел 2.</b> Основные виды наноструктур</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные типы наноматериалов и наноструктур, их основные физические и химические свойства и основные способы их получения;</li> <li>– основные перспективные области применения различных видов наноматериалов;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выбирать необходимые виды наноматериалов и наноструктур</li> <li>– видеть перспективы возможного применения новых наноматериалов и наносистем;</li> <li>– ориентироваться в литературе, посвященной различным наноматериалам и наноструктурам;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами представления литературных и</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №2 (7 семестр)</p> <p>Оценка за экзамен (7 семестр)</p>

	экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций.	
<b>Раздел 3.</b> Супрамолекулярные ансамбли и наномашинны	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные перспективные области применения различных видов наноматериалов;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– видеть перспективы возможного применения новых наноматериалов и наносистем;</li> <li>– ориентироваться в литературе, посвященной различным наноматериалам и наноструктурам;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №1 (7 семестр)</p> <p>Оценка за лабораторный практикум (7 семестр)</p> <p>Оценка за экзамен (7 семестр)</p>

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

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

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

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры 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**  
**«Физико-химия наноструктурированных материалов»**

**основной образовательной программы**

28.03.03 Наноматериалы

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология наноматериалов»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Основы газофазной технологии получения наноматериалов»**

Направление подготовки **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль подготовки – **«Химическая технология наноматериалов»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

Программа составлена доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии, к.х.н.  
Мурадовой А.Г.

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

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **28.03.03 Наноматериалы** (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 газофазной технологии получения наноматериалов»** относится к обязательным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области неорганической химии и физикохимии наноструктурированных материалов.

**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 **«Основы газофазной технологии получения наноматериалов»** преподается в 8 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				
1. 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; 2. участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики и	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов <b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный

<p>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;</p> <p>3. сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>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.</p>		<p><b>ПК-1.3</b> Владеет методами оценки влияния микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>	<p>стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.</p> <p>А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и</p>
--	---	--	--	--

				<p>социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н.</p> <p>С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – б)</p>
<p>4. 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;</p> <p>5. участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и</p>	<p>- основные типы и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия;</p> <p>- процессы получения, обработки и модификации</p>	<p><b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности</p>	<p><b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов</p> <p><b>ПК-3.3</b> Владеет навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный</p>

<p>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; б. сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>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.</p>	<p><b>ПК-4</b> Способен осуществлять выбор и предварительный расчет основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов</p>	<p><b>ПК-4.1</b> Знает типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета</p> <p><b>ПК 4.3</b> Владеет навыками выбора основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов</p>	<p>стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания 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</p>
---	--	---	--	---



				<p>социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н.</p> <p>С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>
--	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*знать:*

- основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов;
- основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов;
- типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета;
- 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:*

- прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов;
- 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:*

- методами оценки влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов;
- навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения;
- навыками выбора основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов ;
- навыками использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;
- навыками анализа научно-технической литературы в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3,0</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,89</b>	<b>32</b>	<b>24</b>
Лекции	0,45	16	12
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	12
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки	0,89	32	24

<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,22</b>	<b>44</b>	<b>33</b>
Контактная самостоятельная работа	1,22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		43,6	32,7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Физические методы получения наноматериалов</b>	<b>36</b>	-	6	6	-	-	14
<b>1.1</b>	Введение	4	-	1	-	-	-	2
<b>1.2</b>	Физические методы получения наночастиц	8	-	2	-	-	-	4
<b>1.3</b>	Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов	8	-	1	2	-	-	2
<b>1.4</b>	Физические методы получения пленок и покрытий	8	-	1	2	-	-	2
<b>1.5</b>	Физические методы получения нанонитей и нанотрубок	8	-	1	2	-	-	2
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Химические методы получения наноматериалов</b>	<b>68</b>	32	6	6	32	32	9
<b>2.1</b>	Химические методы получения наночастиц в газовой фазе	28	16	2	2	16	16	3
<b>2.2</b>	Химические методы получения пленок и покрытий	28	16	2	2	16	16	3
<b>2.3</b>	Химические методы получения нанонитей и нанотрубок	12	-	2	2	-	-	3
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Комбинированные и иные методы получения наноматериалов</b>	<b>28</b>	-	4	4	-	-	9
<b>3.1</b>	Методы получения микропористых материалов	12	-	2	2	-	-	3
<b>3.2</b>	Комбинированные методы	11	-	1	2	-	-	3
<b>3.3</b>	Нанотехнология	5	-	1	-	-	-	3
	Подготовка к зачету	<b>12</b>	-	-	-	-	-	12
	<b>Итого часов</b>	<b>144</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>44</b>

## 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.** Механохимические 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 ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	<b>Знать:</b>				
1	– физико-химические основы методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;	+	+	-	
2	– основные физические и химические методы получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе и перспективы их применения;	+	+	+	
3	– основные технологические операции и оборудование для получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;	+	+	+	
4	– требования к качеству сырья и получаемых продуктов для различных методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;	+	+	+	
	<b>Уметь:</b>				
5	– выбирать необходимый метод синтеза наночастиц и получения наноматериалов в газовой фазе с учетом требований к качеству продукта и экономических показателей;	+	+	+	
6	– оптимизировать параметры выбранного метода синтеза под конкретные цели и задачи;	+	+	+	
	<b>Владеть:</b>				
7	– навыками использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;	-	+	-	
8	– навыками анализа научно-технической литературы в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;	+	+	+	
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>					
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
9	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+
10		<b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+

11		<b>ПК-1.3</b> Владеет методами оценки влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+
12	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	<b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	+	+	+
13		<b>ПК-3.3</b> Владеет навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения	+	+	+
14		<b>ПК-4.1</b> Знает типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета	+	+	+
15	наноматериалов	<b>ПК 4.3</b> Владеет навыками выбора основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов	+	+	+



## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.3	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

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине **«Основы газофазной технологии получения наноматериалов»**, а также дает знания в области химического синтеза наноструктурированных покрытий и 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

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

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

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

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

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 30 баллов), реферативно-аналитических работ (максимальная оценка 20 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 10 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

### **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 получения наноматериалов различными методами (физическими, химическими) и применению наноматериалов. Анализируется актуальность работы, описанной в статье или патенте, перспективность направления, достоинства, недостатки, практическая значимость и возможность внедрения. Максимальная оценка за реферат – 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 вискероv из газовой фазы. Примеры синтеза вискероv 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 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 10 баллов за каждую работу.

#### **Раздел 1. Пример вопросов к контрольной работе № 1. 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. 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. 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)**

Билет для *зачета с оценкой* состоит из 2 вопросов, относящихся к разделам 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. 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.

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

#### 8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

**Зачет с оценкой** по дисциплине «*Основы газофазной технологии получения 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**:

<p>«Утверждаю» Зав. кафедрой наноматериалов и нанотехнологии</p> <p>(Подпись) _____</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра наноматериалов и нанотехнологии</b>
	<b>28.03.03 Наноматериалы</b>
	<b>Профиль – «Химическая технология наноматериалов»</b>
	<b>Основы газофазной технологии получения наноматериалов</b>
<p align="center"><b>Билет № 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные принципы – стадии подхода к выбору и дизайну прекурсоров – МОС с молекулярным строением.</li> <li>2. Холодное газодинамическое напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).</li> </ol>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А. Основная литература

1. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева – 2010, т.1 - 124 с., т.2 – 148 с.
2. Юртов Е.В., Королева М.Ю. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева - 2010, - 152 с.
3. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности, ИД Интеллект, 2011 г., 568 с.

#### Б. Дополнительная литература

1. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури ; художник С. Инфантэ. — 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: 15.04.2023).
2. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для вузов / Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, О. Ю. Ганзуленко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-9299-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/189483> (дата обращения: 15.04.2023).

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
2. Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172
3. Журнал «Химическая технология», ISSN 1684-5811
4. Журнал «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X
5. Журнал «Успехи в химии и химической технологии», ISSN 1506-2017

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org>
2. Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
3. Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>

### 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

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

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

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

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

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

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

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Основы газофазной технологии получения наноматериалов» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

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

Перечень оборудования: вытяжные шкафы, химическая посуда, реактивы, общелабораторное оборудование (весы аналитические, сушильные шкафы, вакуум-сушильные шкафы, колбонагреватели, ротационные испарители, термостаты, печи муфельные, центрифуги, магнитные мешалки, ультразвуковые гомогенизаторы, рН-метры, кондуктометры) и специализированное оборудование для разработки, синтеза и исследования свойств наноматериалов и наноструктурированных систем, в том числе планетарная микромельница, спектрофотометр в УФ и видимой области, синхронный термический анализатор, анализатор размера и дзета-потенциала частиц, анализатор стабильности дисперсных систем, ротационный вискозиметр (реометр).

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

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

#### 11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

#### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"><li>• Word</li><li>• Excel</li><li>• Power Point</li><li>• Outlook</li><li>• OneNote</li><li>• Access</li><li>• Publisher</li><li>• InfoPath</li></ul>	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
<b>Раздел 1.</b> Физические методы получения наноматериалов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Знает:</b></li> <li>– физико-химические основы методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;</li> <li>– основные физические и химические методы получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе и перспективы их применения;</li> <li>– основные технологические операции и оборудование для получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;</li> <li>– требования к качеству сырья и получаемых продуктов для различных методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;</li> <li>– <b>Умеет:</b></li> <li>– выбирать необходимый метод синтеза наночастиц и получения наноматериалов в газовой фазе с учетом требований к качеству продукта и экономических показателей;</li> <li>– оптимизировать параметры выбранного метода синтеза под конкретные цели и задачи;</li> <li>– <b>Владеет:</b></li> <li>– навыками анализа научно-технической литературы в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.</li> </ul>	Оценка за контрольную работу № 1.  Оценка за реферативно-аналитическую работу №1.  Оценка за зачет
<b>Раздел 2.</b> Химические методы получения наноматериалов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Знает:</b></li> <li>– физико-химические основы методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;</li> <li>– основные физические и химические методы получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе и перспективы их применения;</li> <li>– основные технологические операции и оборудование для получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;</li> <li>– требования к качеству сырья и получаемых продуктов для различных методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;</li> <li>– <b>Умеет:</b></li> <li>– выбирать необходимый метод синтеза наночастиц и получения наноматериалов в газовой фазе с учетом требований к</li> </ul>	Оценка за контрольную работу № 2.  Оценка за реферативно-аналитическую работу №2.  Оценка за лабораторную работу №1, №2  Оценка за зачет

	<p>качеству продукта и экономических показателей;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– оптимизировать параметры выбранного метода синтеза под конкретные цели и задачи;</li> <li>– <b>Владеет:</b></li> <li>– навыками использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;</li> <li>– навыками анализа научно-технической литературы в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 3.</b> Комбинированные и иные методы получения наноматериалов</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Знает:</b></li> <li>– основные физические и химические методы получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе и перспективы их применения;</li> <li>– основные технологические операции и оборудование для получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;</li> <li>– требования к качеству сырья и получаемых продуктов для различных методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;</li> <li>– <b>Умеет:</b></li> <li>– выбирать необходимый метод синтеза наночастиц и получения наноматериалов в газовой фазе с учетом требований к качеству продукта и экономических показателей;</li> <li>– оптимизировать параметры выбранного метода синтеза под конкретные цели и задачи;</li> <li>– <b>Владеет:</b></li> <li>– навыками анализа научно-технической литературы в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 3.</p> <p>Оценка на зачете</p>

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

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

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

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

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

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Основы газофазной технологии получения наноматериалов»**

**основной образовательной программы**

28.03.03 Наноматериалы

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология наноматериалов»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах»**

Направление подготовки **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль подготовки – **«Химическая технология наноматериалов»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

Программа составлена профессором кафедры наноматериалов и нанотехнологии, д.х.н.  
Королевой М.Ю.

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

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **28.03.03 Наноматериалы** (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 **«Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах»** относится к обязательным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физико-химии наноматериалов.

**Цель дисциплины** – приобретение обучающимися знаний и компетенций в области получения наночастиц и наноматериалов в жидких средах.

**Задачи дисциплины** – формирование у обучающихся системных глубоких знаний в области химических, физических и биологических методов синтеза наночастиц и наноматериалов, понимания общих закономерностей получения таких материалов; выработка на этой основе 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.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				
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) 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	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.
			<b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	
			<b>ПК-1.3</b> Владеет методами оценки влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические,	



<p>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.</p>	<p>анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем.</p>		<p>химические и другие свойства веществ и материалов</p>	<p>А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания 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)</p>
<p>сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов</p>	<p>- основные типы и наноматериалов наносистем</p>	<p><b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и</p>	<p><b>ПК-3.3</b> Владеет навыками модифицирования</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям,</p>

<p>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 воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров,</p>	<p>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 результатов экспериментов, документация по технике</p>	<p>наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности</p>	<p>методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения</p>	<p>предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б) В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области</p>
		<p><b>ПК-4</b> Способен осуществлять выбор и предварительный расчет основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов</p>	<p><b>ПК-4.1</b> Знает типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета</p>	
			<p><b>ПК 4.2</b> Умеет проводить предварительный расчет основных процессов химической технологии наноматериалов</p> <p><b>ПК 4.3</b> Владеет навыками выбора основных процессов и аппаратов</p>	

отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.	безопасности и безопасности жизнедеятельности.		химической технологии наноматериалов	создания 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)
--	--	--	--------------------------------------	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*знать:*

- основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов;
- типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета;
- 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:*

- прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов;
- проводить предварительный расчет основных процессов химической технологии наноматериалов;
- 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 оценки влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов;
- навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения;
- навыками выбора основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов;
- 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	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4,0</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,89</b>	<b>32</b>	<b>24</b>
Лекции	0,45	16	12
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	12

в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки	0,89	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Контактная самостоятельная работа	2,22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,6	59,7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Экзамен</b>		

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1. Разделы дисциплины и виды занятий**

Раздел	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
<b>1.</b>	<b>Введение в синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	Основы кристаллизации в жидких средах. Конденсационные процессы.	7	-	0,5	0,5	-	-	3
<b>1.2</b>	Гомогенное зародышеобразование, термодинамика и кинетика	7	-	0,5	0,5	-	-	3
<b>1.3</b>	Основные факторы, влияющие на скорость роста наночастиц	10	-	1	1	-	-	8
<b>2.</b>	<b>Синтез наночастиц методами контролируемого осаждения</b>	<b>72</b>	<b>32</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	Синтез наночастиц золота и серебра	27	16	1	2	16	16	5
<b>2.2</b>	Синтез полупроводниковых наночастиц	26	16	1	1	16	16	5
<b>2.3</b>	Синтез магнитных наночастиц	10	-	1	1	-	-	5
<b>2.4</b>	Синтез наночастиц со структурой ядро-оболочка	9	-	1	-	-	-	5
<b>3.</b>	<b>Комплексные методы синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах</b>	<b>84</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>46</b>
<b>3.1</b>	Основы золь-гель метода получения наноматериалов	12	-	2	2	-	-	6
<b>3.2</b>	Сольво- и гидротермальный синтез наноматериалов	12	-	2	2	-	-	6
<b>3.3</b>	Синтез наночастиц при микроволновом и ультразвуковом воздействии	9	-	1	-	-	-	4
<b>3.4</b>	Криохимический метод синтеза наночастиц	11	-	1	2	-	-	6
<b>3.5</b>	Электрохимические методы получения наноматериалов	10	-	1	1	-	-	6
<b>3.6</b>	Матричный синтез наночастиц	11	-	1	2	-	-	6
<b>3.7</b>	Биологические методы синтеза наночастиц и наноматериалов	10	-	1	1	-	-	6
<b>3.8</b>	Самоорганизация наночастиц	9	-	1	-	-	-	6
	<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>80</b>

## **4.2 Содержание разделов дисциплины**

### **Раздел 1. Введение в синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах**

Конденсация в жидких средах. Стадии процесса кристаллизации - образование центров нуклеации, рост наночастиц. Термодинамика и кинетика гомогенной нуклеации. Критический зародыш; факторы, влияющие на размер критического зародыша.

Основные факторы, влияющие на скорость роста наночастиц. Способы замедления роста с целью получения наночастиц контролируемого размера.

Кристаллизация при пересыщении и переохлаждении. Способы кристаллизации.

### **Раздел 2. Синтез наночастиц методами контролируемого осаждения**

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.

Синтез магнитных наночастиц. Получение магнитных жидкостей.

Синтез полупроводниковых наночастиц методом контролируемого осаждения. Метод молекулярных прекурсоров. Основные факторы, влияющие на размер и скорость синтеза наночастиц полупроводников методом молекулярных прекурсоров.

Основы синтеза наночастиц, состоящих из сплава металлов, со структурой ядро-оболочка, многослойных структур.

### **Раздел 3. Комплексные методы синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах**

Основы золь-гель метода. Гидролиз и поликонденсация в щелочной и кислой среде. Гелеобразование и синерезис. Удаление растворителя - образование ксерогелей и аэрогелей.

Синтез наночастиц в сверхкритических жидкостях. Сверхкритическая жидкость, как растворитель. Разновидности сольвотермального и гидротермального синтеза наноматериалов.

Синтез наночастиц при микроволновом и ультразвуковом воздействии. Механизм синтеза.

Криохимический метод синтеза наночастиц. Хладоагенты. Способы удаления растворителя.

Электрохимические методы получения наноматериалов. Катодные и анодные процессы синтеза наноматериалов. Получение наноструктурированных покрытий. Образование нанопористых материалов.

Матричный синтез наночастиц. Синтез наночастиц в мицеллах и микроэмульсиях. Использование гексагональных и кубических жидкокристаллических фазах в качестве матрицы для синтеза наноматериалов.

Биологические методы синтеза наночастиц. Внутриклеточный синтез наночастиц. Магнетобактерии, магнетосомы.

Самоорганизация наночастиц под действием капиллярных, гравитационной и центробежной сил, действии 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	
	<b>Знать:</b>				
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	+	+	+	
	<b>Уметь:</b>				
5	– Выбирать способ синтеза для получения наночастиц требуемого размера и формы	+	+	+	
6	– Находить и использовать литературные источники, необходимые для получения наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава	+	+	+	
7	– Применять теоретические и практические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения некоторых исследовательских и прикладных задач	+	+	+	
	<b>Владеть:</b>				
8	– Методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах	+	+	+	
9	– Основными методами синтеза в жидких средах наночастиц и наноматериалов различной дисперсности и природы		+	+	
	<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>				
10	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+



11		<b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+
12		<b>ПК-1.3</b> Владеет методами оценки влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+
13	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	<b>ПК-3.3</b> Владеет навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения	+	+	+
14	<b>ПК-4</b> Способен осуществлять выбор и предварительный расчет основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов	<b>ПК-4.1</b> Знает типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета	+	+	+
15		<b>ПК 4.2</b> Умеет проводить предварительный расчет основных процессов химической технологии наноматериалов	+	+	+
16		<b>ПК 4.3</b> Владеет навыками выбора основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Расчеты размеров и скорости образования критических зародышей из различных материалов	2
2	Раздел 2	Изучение особенностей синтеза наночастиц благородных металлов	2
3	Раздел 2	Изучение особенностей синтеза полупроводниковых квантовых точек и магнитных наночастиц	2
4	Раздел 3	Изучение роли различных факторов на дисперсность и структуру получаемых наноматериалов при золь-гель синтезе в кислой и щелочной среде	2
	Раздел 3	Изучение особенностей проведения синтеза наночастиц и наноматериалов в сверхкритических условиях, когда сверхкритическая жидкость играет роль растворителя, сорастворителя или анти-растворителя	2
	Раздел 3	Изучение особенностей синтеза наночастиц криохимическим методом, определение условий, при которых для удаления растворителя используется сублимационная сушка, криоэкстрагирование или криоосаждение	2
	Раздел 3	Изучение способов получения наночастиц и наноматериалов катодными и анодными методами при электрохимическом синтезе	2
	Раздел 3	Изучение влияния различных параметров на матричный наночастиц в обратных мицеллах и микроэмульсии	2

### 6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «**Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах**», а также дает углубление теоретических знаний, полученных обучающимся на лекциях, и направлены на приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе.

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	Раздел 2	Синтез наночастиц серебра восстановлением борогидридом натрия. Определение размеров наночастиц и устойчивости водной дисперсии наночастиц серебра	16
2	Раздел 2	Синтез наночастиц сульфида кадмия методом контролируемого осаждения в водной фазе. Определение размеров наночастиц и устойчивости водной дисперсии наночастиц сульфида кадмия	16

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к зачету с оценкой по дисциплине.

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

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

### 8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферативно-аналитические работы по дисциплине не предусмотрены.

### 8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 20 баллов за каждую. Максимальная оценка за контрольные работы составляет 40 баллов. 20 баллов отводятся на лабораторные работы.

**Разделы 1 и 2.** В контрольной работе содержится 20 вопросов-тестов с 4 вариантами ответов. За каждый правильный ответ обучающийся получает 1 балл, неправильный ответ - 0 баллов.

#### Примеры вопросов к контрольной работе № 1:

1. Какую форму имеет зависимость  $\Delta G$  при образовании центров нуклеации от радиуса?
2. Как изменяется радиус критических зародышей при уменьшении межфазного натяжения в системе в случае гомогенной кристаллизации?
3. Как температура влияет на радиус критических зародышей в случае гомогенной кристаллизации?
4. Величина потенциального барьера выше при гомогенной или гетерогенной кристаллизации?
5. Как примеси в растворе влияют на скорость образования центров кристаллизации?

6. Как изменяется скорость образования центров кристаллизации при увеличении температуры раствора?
7. При использовании метода Браста или метода Туркевича синтезируются наночастицы золота с меньшим размером?
8. Что используется в качестве восстановителя в методе Туркевича при синтезе наночастиц золота?
9. Нужны ли зародыши для роста наностержней в полиольном методе синтеза?
10. Какова роль остальдова созревания при росте наностержней в полиольном процессе?
11. Что наиболее часто используют в качестве молекулярного прекурсора Cd при синтезе полупроводниковых наночастиц по методу молекулярных прекурсоров?
12. Как влияют добавки ПАВ на размер синтезируемых наночастиц?
13. Как влияют добавки ПАВ на морфологию синтезируемых наночастиц?
14. Из каких стадий состоит процесс синтеза наночастиц со структурой ядро-оболочка Au@SiO<sub>2</sub>?
15. Из каких стадий состоит процесс синтеза наночастиц со структурой ядро-оболочка Au@Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>?

**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.

**Примеры вопросов к контрольной работе №2:**

1. Как изменяется скорость диффузии веществ в сверхкритической жидкости по сравнению с обычной жидкостью?
2. Зачем нужен температурный перепад в гидротермальной колонне?
3. При использовании RESS-метода синтезируются более мелкие неорганические или органические наночастицы?
4. Какова причина синтеза наночастицы с более узким распределением по размерам при ультразвуковом воздействии?
5. Что наиболее часто используют в качестве хладагента при криохимическом методе синтеза наночастиц?
6. Какова структура гранул при сверх высоких скоростях охлаждения в криохимическом методе синтеза?
7. Про происходит на стадии криоосаждения в криохимическом методе синтеза?
8. Как называется продукт, образующийся при экстракции растворителя в сверхкритических условиях, в золь-гель методе?
9. Можно ли методом электроосаждения получать композитное покрытие, состоящее из металла и наночастиц SiC?
10. Как получить пористый оксид алюминия электрохимическим методом?
11. Можно ли синтезировать наночастицы полупроводников в обратных мицеллах?
12. Какого размера можно синтезировать наночастицы в микроэмульсии?
13. В какой жидкокристаллической структуре синтезируют пористые наноматериалы?

14. Какого размера получаются наночастицы при внеклеточном синтезе?
15. Какие матрицы используются для самоорганизации наночастиц?

### **8.2. Оценка лабораторных работ**

Сдача лабораторной работы заключается в устном объяснении полученных результатов, их взаимосвязи с размерами синтезированных наночастиц. Максимальная оценка за каждую лабораторную работу - 7 баллов.

Затем проводится тест-контроль знаний, полученных при выполнении лабораторных работ. В каждом тесте содержится 6 вопросов. За каждый правильный ответ обучающийся получает 1 балл, неправильный ответ - 0 баллов.

Это является контрольной точкой № 3. Максимальная оценка - 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?

### **8.4. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой)**

В билетах для зачета с оценкой содержится два вопроса из приведенного ниже списка вопросов. За развернутый ответ на каждый вопрос обучающийся получает до 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

**Зачет с оценкой** по дисциплине «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах» проводится в 8 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для **зачета с оценкой**:

<b>«Утверждаю»</b>  (Должность, наименование кафедры)  (Подпись) (И. О. Фамилия)  «__» _____ 20__ г.	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра наноматериалов и нанотехнологии</b>
	<b>28.03.03</b>
	<b>Профиль – «Химическая технология наноматериалов»</b>
<b>Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах</b>	
<b>Билет № __</b>	
1. Критический зародыш; факторы, влияющие на размер критического зародыша	
2. Катодные и анодные процессы при электрохимическом методе получения наноматериалов	

#### 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. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури ; художник С. Инфантэ. — 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: 15.04.2023)
3. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для вузов / Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, О. Ю. Ганзуленко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-9299-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/189483> (дата обращения: 15.04.2023).

##### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

- Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223

- Журнал «Коллоидный журнал», ISSN 0023-2912

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 рабочей программы 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).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

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

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

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

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

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах*» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

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

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

Лаборатория, 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.

#### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Иллюстрации к разделам курса; распечатки слайдов презентаций.

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

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

#### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; альбомы и рекламные проспекты с основными видами наночастиц и наноматериалов.

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

#### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии



3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> <li>• InfoPath</li> </ul>	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
<b>Раздел 1.</b> Введение в синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах	<b>Знает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• теоретические основы процессов кристаллизации в жидких средах, основные факторы, влияющие на размер и скорость образования центров кристаллизации, скорость роста наночастиц;</li> <li>• закономерности, позволяющие прогнозировать размер и морфологию наночастиц при использовании жидкофазных методов синтеза.</li> </ul> <b>Умеет:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• выбирать способ синтеза для получения наночастиц требуемого размера и формы;</li> <li>• находить и использовать литературные источники, необходимые для получения наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава.</li> </ul> <b>Владеет:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах.</li> </ul>	Оценка за контрольную работу № 1.  Оценка на зачете с оценкой.
<b>Раздел 2.</b> Синтез наночастиц методами контролируемого осаждения	<b>Знает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах;</li> <li>• особенности химических, физических и биологических процессов синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах;</li> <li>• закономерности, позволяющие</li> </ul>	Оценка за контрольную работу № 1.  Оценка за контрольную точку № 3.  Оценка на зачете с

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>прогнозировать размер и морфологию наночастиц при использовании жидкофазных методов синтеза.</p> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• выбирать способ синтеза для получения наночастиц требуемого размера и формы;</li> <li>• находить и использовать литературные источники, необходимые для получения наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава;</li> <li>• применять теоретические и практические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения некоторых исследовательских и прикладных задач.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах;</li> <li>• основными методами синтеза в жидких средах наночастиц и наноматериалов различной дисперсности и природы.</li> </ul>	оценкой.
<p><b>Раздел 3.</b> Комплексные методы синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах;</li> <li>• особенности химических, физических и биологических процессов синтеза наночастиц и наноматериалов в жидких средах;</li> <li>• закономерности, позволяющие прогнозировать размер и морфологию наночастиц при использовании жидкофазных методов синтеза.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• выбирать способ синтеза для получения наночастиц требуемого размера и формы;</li> <li>• находить и использовать литературные источники, необходимые для получения наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава;</li> <li>• применять теоретические и практические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения некоторых исследовательских и прикладных задач.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами работы с научно-технической,</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка за контрольную точку № 3.</p> <p>Оценка на зачете с оценкой.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	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.	

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

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

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

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

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

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах»**

**основной образовательной программы**

**28.03.03 Наноматериалы**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Химическая технология наноматериалов»**

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Методы и приборы для изучения наночастиц и наноматериалов»**

Направление подготовки **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль подготовки – **«Химическая технология наноматериалов»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

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

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

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **28.03.03 Наноматериалы** (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 **«Методы и приборы для изучения наночастиц и наноматериалов»** относится к обязательным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физики.

**Цель дисциплины** – формирование знаний о существующих методах исследования нанообъектов и наносистем и принципах, на которых основано современное диагностическое и аналитическое оборудование. Основное внимание уделяется фундаментальным принципам, физическим пределам различных методов и их точностным характеристикам.

**Задачи дисциплины** – формирование у обучающихся представлений о фундаментальных принципах, физических пределах различных методов и их точностным характеристикам.

Дисциплина **«Методы и приборы для изучения наночастиц и наноматериалов»** преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				
1. 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	- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нано пленки и наноструктурированные покрытия; - методы исследований, испытаний, диагностики	<b>ПК-2</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	<b>ПК-2.1</b> Знает основные методики проведения исследований наноструктурированных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт
			<b>ПК-2.2</b> Умеет производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования	



<p>свойств, устойчивости к внешним воздействиям;</p> <p>2. участие в производстве наноматериалов и наносистем с заданными технологическими и функциональными свойствами, проектировании высокотехнологичных процессов в составе первичного проектно-технологического или исследовательского подразделения.</p>	<p>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;</p> <p>- все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования процессов синтеза и физико-химических свойств наноматериалов.</p>		<p><b>ПК-2.3</b> Владеет навыками выбора методов исследования характеристик наноструктурированных материалов</p>	<p>26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.</p> <p>А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б)</p> <p>В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты</p>
--	---	--	--	---

				<p>Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – б)</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*знать:*

- - основные методики проведения исследований наноструктурированных материалов;
- - 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:*

- - производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования;
- - 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 выбора методов исследования характеристик наноструктурированных материалов;
- - 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

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>6,0</b>	<b>216</b>	<b>162</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,89</b>	<b>32</b>	<b>24</b>
Лекции	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	12
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
в том числе в форме практической подготовки	0,89	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,33</b>	<b>84</b>	<b>63</b>
Контактная самостоятельная работа	2,33	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		84	63
<b>Вид контроля:</b>	<b>Экзамен</b>		
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7

<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Экзамен</b>
--------------------------------	----------------

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1. Разделы дисциплины и виды занятий**

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Особенности исследования нанообъектов и наносистем</b>	<b>38</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>22</b>
<b>1.1</b>	Введение	6	-	4	-	-	-	2
<b>1.2</b>	<b>Микроскопические методы</b>	12	-	4	-	-	-	8
<b>1.3</b>	Теория молекулярного рассеяния света	10	-	4	-	-	-	6
<b>1.4</b>	Физические основы электронной микроскопии	10	-	-	4	-	-	6
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Методы микроскопии</b>	<b>72</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>28</b>
<b>2.1</b>	Растровая электронная микроскопия	26	8	4	4	8	8	10
<b>2.2</b>	Просвечивающая электронная микроскопия	26	8	4	4	8	8	10
<b>2.3</b>	Сканирующая зондовая микроскопия	20	8	4	-	8	8	8
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Спектральные методы анализа. Дифракционные методы исследования</b>	<b>70</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>34</b>
<b>3.1</b>	Рентгеноспектральный микроанализ	8	-	4	-	-	-	4
<b>3.2</b>	Электронная спектроскопия	10	-	4	-	-	-	6
<b>3.3</b>	Масс-спектрометрия вторичных ионов	10	-	4	-	-	-	6
<b>3.4</b>	Интерферометрические методы измерения наноперемещений	10	-	4	-	-	-	6
<b>3.5</b>	Дифракционные методы исследования нанообъектов	22	8	4	4	8	8	6
<b>3.6</b>	Методы выявления квантово-размерных эффектов	10	-	4	-	-	-	6
	<b>Всего часов</b>	<b>180</b>	<b>32</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>84</b>
	<b>Подготовка к экзамену</b>	<b>36</b>		<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>		<b>-</b>
	<b>Всего часов</b>	<b>216</b>						

## **4.2 Содержание разделов дисциплины**

### **Раздел 1. Особенности исследования нанообъектов и наносистем**

**1.1. Введение.** Особенности исследования нанообъектов 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 нанообъектов. 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 ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	<b>Знать:</b>				
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;	-	-	+	
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;	+	+	+	
	<b>Уметь:</b>				
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;	-	-	+	
	<b>Владеть:</b>				
– 9	– - навыками использования различных технических средств для измерения и контроля основных параметров наночастиц и наноматериалов;	-	-	+	
10	- навыками анализа полученных результатов.	-	+	+	
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>					
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
11	<b>ПК-2</b> Способен применять навыки использования принципов и методик	<b>ПК-2.1</b> Знает основные методики проведения исследований	+	+	+



№ п/п	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	наноструктурированных материалов			
12		<b>ПК-2.2</b> Умеет производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования	+	+	+
13		<b>ПК-2.3</b> Владеет навыками выбора методов исследования характеристик наноструктурированных материалов	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	– 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 нанобъектов	4

### 6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине *«Методы и приборы для изучения наночастиц и наноматериалов»*.

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.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	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

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

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче экзамена по дисциплине.

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

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

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 30 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 30 баллов) и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка 40 баллов).

### **8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.**

Реферативная работа по дисциплине не предусмотрена.

### **8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины**

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). 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).

#### **Раздел 1. Пример варианта контрольной работы № 1. 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. 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. 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?

### 8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины экзамен)

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса, каждый из которых оценивается в 20 баллов.

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 переделаемых 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-L<sub>2</sub> и К-L<sub>3</sub> и нет линии, обусловленной переходом К-L<sub>1</sub>?
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  $\text{CrK}\alpha$ -линии ( $Z=24$ ), если известно, что  $\lambda_{\text{NiK}\alpha}=1.658$  ангстрем и  $\lambda_{\text{SiK}\alpha}=7.125$  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.

Максимальное количество баллов за *экзамен* – 40 баллов.

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

## 8.4. Структура и примеры билетов для экзамена

Экзамен по дисциплине «*Методы и приборы для изучения наночастиц и наноматериалов*» 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.

### Пример экзаменационного билета:

<i>«Утверждаю»</i> Зав. кафедрой наноматериалов и нанотехнологии  (Подпись) «__» _____ 20__ г.	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра наноматериалов и нанотехнологии</b>
	<b>28.03.03 Наноматериалы</b>
	<b>Профиль – «Химическая технология наноматериалов»</b>
<b>Методы и приборы для изучения наночастиц и наноматериалов</b>	
<b>Билет № 1</b>	
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. Горашенко 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.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

- Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org>
- Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
- Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>

### 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

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

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

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

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

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

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

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

### 11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

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

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



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

#### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

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

#### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

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

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

#### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019	Контракт № 28-35ЭА/2020 от	-	12 месяцев с возможностью

	В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> <li>• InfoPath</li> </ul>	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.	<p><b>знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные требования к объектам анализа для различных методов исследования, анализа и диагностики наноматериалов и наносистем;</li> </ul> <p><b>умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать необходимый метод анализа и диагностики наночастиц, наноматериалов и наносистем в соответствии с поставленной исследовательской целью;</li> </ul>	Оценка за контрольную работу № 1.
Раздел 2.	<p><b>знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химические основы методов исследования, анализа и диагностики наноматериалов и наносистем;</li> <li>- физические основы сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, туннельной и атомно-силовой микроскопии;</li> </ul> <p><b>умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать достоверность полученных результатов анализа наночастиц и наноматериалов;</li> </ul> <p><b>владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— навыками анализа полученных результатов.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка за лабораторный практикум (3 лабораторные работы)</p>
Раздел 3.	<p><b>знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физические основы спектроскопических и дифракционных методов изучения и анализа наносистем и наноматериалов;</li> <li>- виды и устройство основных приборов для исследования, анализа и диагностики наноматериалов и наносистем;</li> </ul> <p><b>умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить сравнение результатов, полученных разными методами;</li> </ul> <p><b>владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— навыками использования различных технических средств для измерения и контроля основных параметров</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 3.</p> <p>Оценка за лабораторный практикум (1 лабораторная работа)</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	наночастиц и наноматериалов;	

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

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

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

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

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

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Методы и приборы для изучения наночастиц и наноматериалов»**

**основной образовательной программы**

28.03.03 Наноматериалы

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология наноматериалов»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Биологические наноструктуры»**

Направление подготовки 28.03.03 Наноматериалы

Профиль подготовки – «Химическая технология наноматериалов»

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

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

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

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **28.03.03 Наноматериалы** (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 **«Биологические наноструктуры»** относится к обязательным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей и неорганической химии и органической химии.

**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.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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



Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				
1. 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; 2. 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; - 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	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.

<p>анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям;</p> <p>3. сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем.</p>			<p>А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н.</p> <p>С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>
<p>4. сбор и анализ данных о</p>	<p>- основные типы и наноматериалов</p>	<p><b>ПК-3</b> Способен применять основные типы</p>	<p><b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические,</p>	<p>Анализ требований к профессиональным</p>

<p>существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников;</p> <p>5. 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;</p> <p>6. сбор научно-технической информации по</p>	<p>наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия;</p> <p>- 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;</p> <p>- нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов</p>	<p>наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности</p>	<p>эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов</p>	<p>компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.</p> <p>А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>В: Научно-техническая разработка и методическое</p>
--	--	--	---	--

<p>тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности.</p>			<p>сопровождение в области создания 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)</p>
---	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов;
- основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов;
- 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;

*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

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>5,0</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
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	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3,22</b>	<b>116</b>	<b>87</b>
Контактная самостоятельная работа	3,22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		115,6	86,7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

**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
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Основы биохимии, цитологии и вирусологии</b>	<b>18</b>	-	4	4	-	10
<b>1.1</b>	Введение	7	-	1	1	-	5
<b>1.2</b>	Клетки и вирусы	11	-	3	3	-	5
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Основные классы биологических молекул</b>	<b>80</b>	3	18	18	3	44
<b>2.1</b>	Белковые нанообъекты	27	3	6	6	3	15
<b>2.2</b>	Углеводные наноструктуры	10	-	2	2	-	6
<b>2.3</b>	Липиды и биологические мембраны	16	-	4	4	-	8
<b>2.4</b>	Наноструктура и функции нуклеиновых кислот	27	-	6	6	-	15
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Молекулярные механизмы функционирования биологических наноструктур</b>	<b>46</b>	1	10	10	1	26
<b>3.1</b>	Молекулярные механизмы восприятия и передачи информации	18	-	4	4	-	10
<b>3.2</b>	Механическое движение	5	-	1	1	-	3
<b>3.3</b>	Молекулярные механизмы превращения энергии и вещества в живых системах.	18	-	4	4	-	10
<b>3.4</b>	Достижения и перспективы развития нанобиотехнологии	5	1	1	1	1	3
	Подготовка к зачету	<b>36</b>	-	-	-	-	36
	Форма контроля – зачет с оценкой						
	<b>Всего часов</b>	<b>180</b>		<b>32</b>	<b>32</b>	<b>4</b>	<b>116</b>

## **4.2 Содержание разделов дисциплины**

### **Раздел 1. Основы биохимии, цитологии и вирусологии**

**1.1. Введение.** Соответствие размеров наночастиц и биологических наноструктур. Связь биохимии и нанотехнологии. Биомиметика. Объекты изучения биохимии. 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  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -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	
	<b>Знать:</b>				
1	строение, свойства и биологические функции основных классов биомолекул;	+	+	-	
2	– строение и работу наиболее важных биологических наноструктур;	+	+	+	
3	– молекулярные механизмы восприятия, передачи и приема информации в живых системах;	-	-	+	
4	– молекулярные механизмы получения и хранения энергии в живых системах;	-	-	+	
5	– молекулярные механизмы механического движения в живых системах;	-	-	+	
	<b>– Уметь:</b>				
6	– видеть перспективы возможных биологических, медицинских и экологических приложений нанотехнологии;	-	-	+	
7	– самостоятельно ориентироваться в литературе, посвященной медицинским и биологическим приложениям нанотехнологии;	+	+	+	
8	– вести диалог и сотрудничество с представителями медицинских и биологических наук;	+	+	+	
	<b>– Владеть:</b>				
	– 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.	+	+	+	
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>					
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
9	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+

10	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	<b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	+	+	+
----	--	--	---	---	---

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	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 нанотехнологии и наноматериалов	1

### 6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Биологические наноструктуры*» не предусмотрен.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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;
- 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.

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

указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 50 баллов), реферативно-аналитических (максимальная оценка 10 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

### **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  $\text{Ca}^{2+}$
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. Контрольная работа в виде теста содержит 25 вопросов, по 0,6 балла за вопрос.**

**Вопрос 1.** Не является биогенным элементом:

1 – C, 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  $\beta$ -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:

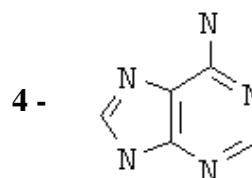
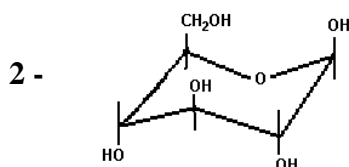
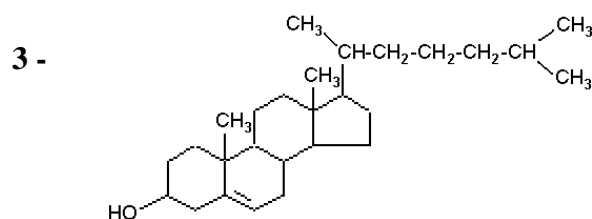
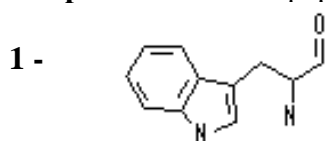
1 – ингибитор связывается с активным центром фермента, 2 – ингибитор связывается с субстратом, 3 – фермент, субстрат и ингибитор образуют прочный комплекс, 4 – ингибитор вызывает денатурацию фермента.

**Вопрос 10.** Функция пиридоксина в биохимических реакциях:

1 – перенос аминогрупп, 2 – перенос  $\text{CH}_3\text{COO}$ - групп, 3 – регуляция обмена кальция, 4 – перенос  $\text{H}^+$  в окислительно-восстановительных реакциях.

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

**Вопрос 1.** Укажите формулу глюкозы:

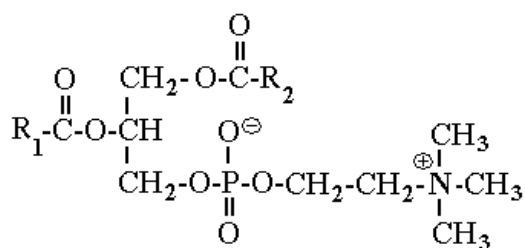


**Вопрос 2.** Кислота  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$  называется:

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  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФ-азы осуществляется за счет :

1 – энергии гидролиза АТФ, 2 – энергии разложения липидов бислая, 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:

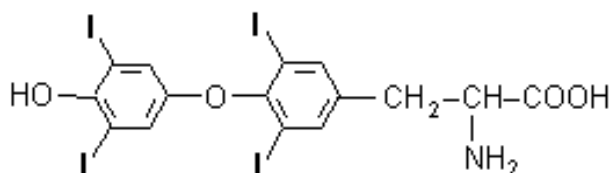
1 – двойной цепи ДНК, 2 – рибосомной РНК, 3 – транспортной РНК, 4 – матричной РНК.

**Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. 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.

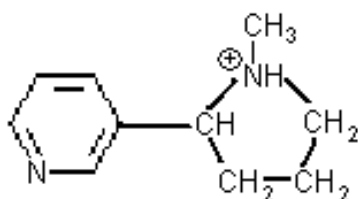
**Вопрос 3.** Тестостерон является:

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 ретинола, 2 – восстановления ретиналя, 3 – цис- транс-изомеризации ретиналя.

**Вопрос 6.** В отсутствии АТФ в мышечной клетке:

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

**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 ФАДН<sub>2</sub> 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)**

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.

#### **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.

Максимальное количество баллов за *зачет с оценкой* – 40 баллов.

#### 8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

*Зачет с оценкой* по дисциплине «*Биологические наноструктуры*» включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для *зачета с оценкой* состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

<p>«Утверждаю»</p> <p>_____</p> <p>(Должность, наименование кафедры)</p> <p>_____</p> <p>(Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<p><b>Министерство науки и высшего образования РФ</b></p>
	<p><b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b></p>
	<p><b>Наименование кафедры</b></p>
	<p><b>28.03.03 Наноматериалы</b></p>
	<p><b>Профиль – «Химическая технология наноматериалов»</b></p>
<p><b>Биологические наноструктуры</b></p> <p><b>Билет № __</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Объекты изучения биохимии. Связь биохимии и нанотехнологии. Биомиметика.</li> <li>2. Структурная и оптическая изомерия моносахаридов, линейные и циклические формы.</li> <li>3. Молекулярные механизмы действия гормонов: мембрано-опосредованный и цитозольный механизм.</li> </ol>	

### 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. Нельсон, Д. Основы биохимии Ленинджера : учебное пособие / Д. Нельсон, М. Кокс ; перевод с английского Т. П. Мосоловой [и др.]. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020 — Том 1 : Основы биохимии, строение и катализ — 2020. — 749 с. — ISBN 978-5-00101-864-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135557> (дата обращения: 15.04.2023).
2. Нельсон, Д. Основы биохимии Ленинджера : учебное пособие / Д. Нельсон, М. Кокс ; перевод с английского Т. П. Мосоловой [и др.]. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020 — Том 2 : Биоэнергетика и метаболизм — 2020. — 691 с. — ISBN 978-5-00101-865-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135558> (дата обращения: 15.04.2023).
3. Нельсон, Д. Основы биохимии Ленинджера : учебное пособие / Д. Нельсон, М. Кокс ; перевод с английского Т. П. Мосоловой, О. В. Ефременковой. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020 — Том 3 : Пути передачи информации — 2020. — 451 с. —

### **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

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

Научно-технические журналы:

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

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы 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

## **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 *«Биологические наноструктуры»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью. Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

## 11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам курса.

## 11.3. 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.

## 11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

Электронные образовательные ресурсы: учебно-методические разработки, в том числе темы докладов по дисциплине «Биологические наноструктуры».

## 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
<b>Раздел 1.</b> Основы биохимии, цитологии и вирусологии	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- строение, свойства и биологические функции основных классов биомолекул;</li> <li>- строение и работу наиболее важных биологических наноструктур;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельно ориентироваться в литературе, посвященной медицинским и биологическим приложениям нанотехнологии;</li> <li>- вести диалог и сотрудничество с представителями медицинских и биологических наук;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками анализа научно-технической литературы в области строения, свойств, функций и возможного применения наноструктур биологического происхождения;</li> <li>- способностью использовать на практике знания о строении и функционировании биологических наноструктур, в том числе при разработке новых наноматериалов.</li> </ul>	<p>Оценка за доклады.</p> <p>Оценка за контрольную работу № 1</p> <p>Оценка на зачете.</p>
<b>Раздел 2.</b> Основные классы биологических молекул	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- строение, свойства и биологические функции основных классов биомолекул;</li> <li>- строение и работу наиболее важных биологических наноструктур;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельно ориентироваться в литературе, посвященной медицинским и биологическим приложениям нанотехнологии;</li> <li>- вести диалог и сотрудничество с представителями медицинских и биологических наук;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками анализа научно-технической литературы в области строения, свойств, функций и возможного применения наноструктур биологического происхождения;</li> <li>- способностью использовать на практике знания о строении и функционировании биологических наноструктур, в том числе при разработке новых наноматериалов.</li> </ul>	<p>Оценка за доклады.</p> <p>Оценка за контрольную работу № 2</p> <p>Оценка на зачете.</p>
<b>Раздел 3.</b>	<p><i>Знает:</i></p>	<p>Оценка за доклады.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Молекулярные механизмы функционирования биологических наноструктур	<ul style="list-style-type: none"> <li>- молекулярные механизмы восприятия, передачи и приема информации в живых системах;</li> <li>- молекулярные механизмы получения и хранения энергии в живых системах;</li> <li>- молекулярные механизмы механического движения в живых системах;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- видеть перспективы возможных биологических, медицинских и экологических приложений нанотехнологии;</li> <li>- самостоятельно ориентироваться в литературе, посвященной медицинским и биологическим приложениям нанотехнологии;</li> <li>- вести диалог и сотрудничество с представителями медицинских и биологических наук;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками анализа научно-технической литературы в области строения, свойств, функций и возможного применения наноструктур биологического происхождения;</li> <li>- способностью использовать на практике знания о строении и функционировании биологических наноструктур, в том числе при разработке новых наноматериалов.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 3</p> <p>Оценка на зачете.</p>

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

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

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

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – 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**  
**«Биологические наноструктуры»**

**основной образовательной программы**

28.03.03 Наноматериалы

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология наноматериалов»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Массоперенос в наносистемах»**

Направление подготовки **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль подготовки – **«Химическая технология наноматериалов»**

**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 28.03.03 Наноматериалы (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 «**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 **общепрофессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

Наименование категории (группы) ПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Применение фундаментальных знаний в профессиональной деятельности	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	– <b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов – <b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов
Эффективность и безопасность технических решений	<b>ПК-2</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики	- <b>ПК-2.3</b> Владеет навыками выбора методов исследования характеристик наноструктурированных материалов

	наноструктурированных материалов	
	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	<b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов <b>ПК-3.3</b> Владеет навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения
	<b>ПК-4</b> Способен осуществлять выбор и предварительный расчет основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов	<b>ПК-4.2</b> Умеет проводить предварительный расчет основных процессов химической технологии наноматериалов <b>ПК-4.3</b> Владеет навыками выбора основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов

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	Всего		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч
Общая трудоемкость дисциплины	<b>5,00</b>	<b>180</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,22</b>	8	<b>6</b>
Лекции	<b>0,89</b>	32	<b>24</b>
Практические занятия (ПЗ)	<b>0,44</b>	16	<b>12</b>
в том числе в форме практической подготовки	<b>0,22</b>	8	<b>6</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Контактная самостоятельная работа	2,67	0,0	0,0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		96	72
<b>Виды контроля:</b>			
<b>экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>

**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
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Макроскопическое описание массопереноса</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>24</b>
1.1	Введение. История изучения массопереноса. Основные этапы.	6	0	2		0	4
1.2	Потоки свойств и кинетические характеристики систем.	8	0	2	2	0	4
1.3	Уравнения диффузии.	7	0	2	1	0	4
1.4	Геометрия диффузионных задач	15	0	2	1	0	12
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Диффузия, случайные блуждания, вязкость</b>	<b>42</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>28</b>
2.1	Диффузия. Модель Эйнштейна и теория смолуховского	6	0	2	0	0	4
2.2	Диффузия в газах. Коэффициент диффузии и вязкость газа	7	0	2	1	0	4
2.3	Диффузия и броуновское движение. Вязкость жидкости.	7	0	2	1	0	4
2.4	Ньютоновские и неньютоновские жидкости.	8	0	2	2	0	4
2.5	Методы определения коэффициентов диффузии	14	2	2	0	2	12
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Механизмы диффузии в твердых телах</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>24</b>
3.1	Механизмы диффузии в твердых телах	7	0	2	1	0	4
3.2	Вакансии и другие дефекты.	7	0	2	1	0	4
3.3	Диффузия в ионных кристаллах и интерметаллидах	8	0	2	2	0	4
3.4	Диффузионный рост фаз	16	0	2	2	0	12
<b>4</b>	<b>Раздел 4. Диффузия в наносистемах</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>20</b>
4.1	Диффузия по границам зерен	11	2	2	1	2	8
4.2	Диффузия в тонких пленках	11	2	2	1	2	8
4.3	Массоперенос в пористых системах	6	0	2	0	0	4
	<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>6</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>96</b>

## **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 ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
<b>Знать:</b>					
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.			+	+
<b>Уметь:</b>					
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.	-	+	+	+
<b>Владеть:</b>					
11	– Навыками определения параметров диффузии по экспериментальным данным;	-	+		+
12	– Навыками расчета скорости роста фаз диффузионным путем.			+	
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>					
	<b>Код и наименование ОПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ОПК</b>			

13	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<p>– <b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p> <p>– <b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>			+	+
14	<b>ПК-2</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	<b>ПК-2.3</b> Владеет навыками выбора методов исследования характеристик наноструктурированных материалов		+		+
15	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	<p><b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов</p> <p><b>ПК-3.3</b> Владеет навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения</p>	+	+	+	+
16	<b>ПК-4</b> Способен осуществлять выбор и предварительный расчет основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов	<p><b>ПК-4.2</b> Умеет проводить предварительный расчет основных процессов химической технологии наноматериалов</p> <p><b>ПК-4.3</b> Владеет навыками выбора основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов</p>			+	+
					+	+



## 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 теста по 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/м<sup>3</sup>.

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/см<sup>3</sup>, М=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 –  $10^{-12}$  м<sup>2</sup>/с  
тройное произведение ЗГД –  $10^{-15}$  м<sup>3</sup>/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 CuAl<sub>2</sub>. Оцените размер частицы через 1 час, если коэффициент диффузии меди в алюминии равен  $10^{-14}$  м<sup>2</sup>/с, а алюминия в медь –  $10^{-18}$  м<sup>2</sup>/с.
8. В пересыщенном твердом растворе на основе алюминия происходит процесс диффузионной коалесценции частиц соединения CuAl<sub>2</sub>. 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](http://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		-	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		-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> <li>• InfoPath</li> </ul>		-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

*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.

**Раздел 1. Макроскопическое описание массопереноса**

**Раздел 2. Диффузия, случайные блуждания, вязкость**

**Раздел 3. Механизмы диффузии в твердых телах**

**Раздел 4. Диффузия в наносистемах**

Наименование Разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1. Макроскопическое описание массопереноса</b>	<i>Знает:</i> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные движущие силы массопереноса;</li><li>- методы расчета потоков веществ в зависимости от типа систем;</li></ul> <i>Умеет:</i> <ul style="list-style-type: none"><li>- оценивать потоки вещества и движущие силы, вызывающие эти потоки;</li></ul>	тест; ДЗ1 ДЗ2 Экзамен
<b>Раздел 2. Диффузия, случайные блуждания, вязкость</b>	<i>Знает:</i> <ul style="list-style-type: none"><li>- методы расчета потоков веществ в зависимости от типа систем;- подходы к обработке результатов исследований;</li></ul> <i>Умеет:</i> <ul style="list-style-type: none"><li>- рассчитывать параметры диффузии, в том числе в наносистемах;</li><li>– предсказывать изменение диффузионных характеристик в зависимости от типа и структуры</li></ul>	ДЗ1 ДЗ2 Экзамен

	<p>систем, в том числе наносистем;</p> <p>- <i>Владеет:</i></p> <p>- Навыками определения параметров диффузии по экспериментальным данным;</p>	
<b>Раздел 3. Механизмы диффузии в твердых телах</b>	<p><i>Знает:</i></p> <p>- основные механизмы диффузии;</p> <p><i>Умеет:</i></p> <p>– предсказывать влияния разных факторов, на массоперенос в процессах получения и эксплуатации материалов и наносистем.</p> <p>– предсказывать изменение диффузионных характеристик в зависимости от типа и структуры систем, в том числе наносистем;</p> <p>- <i>Владеет:</i></p> <p>- Навыками расчета скорости роста фаз диффузионным путем.</p>	<p>Тест</p> <p>Расчетное задание</p> <p>Экзамен</p>
<b>Раздел 4. Диффузия в наносистемах</b>	<p><i>Знает:</i></p> <p>- роль поверхностей раздела в массопереносе;</p> <p>- особенности массопереноса в наносистемах;</p> <p>- способы учета потоков веществ при описании процессов при получении и использовании наноматериалов.</p> <p><i>Умеет:</i></p> <p>- предсказывать изменение диффузионных характеристик в зависимости от типа и структуры систем, в том числе наносистем;</p> <p>- предсказывать влияния разных факторов, на массоперенос в процессах получения и эксплуатации материалов и наносистем.</p>	<p>Расчетное задание</p> <p>Экзамен</p>

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

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

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

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

**«Массоперенос в наносистемах»  
основной образовательной программы**

**28.03.03 Наноматериалы**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Химическая технология наноматериалов»**

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

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

Направление подготовки **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль подготовки – **«Химическая технология наноматериалов»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

Программа составлена ассистентом Широких А.Д.

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

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **28.03.03 Наноматериалы** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Наноматериалов и нанотехнологий** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина **«Термохимические методы исследования наноматериалов»** относится к блоку дисциплин по выбору части дисциплин учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической химии и физико-химических методов анализа.

**Цель дисциплины** – формирование у обучающихся комплексного представления о возможностях термического анализа для исследования наноматериалов.

**Задачи 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 **«Термохимические методы исследования наноматериалов»** преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				
1. 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; 2. участие в производстве наноматериалов и наносистем с заданными технологическими и функциональными свойствами,	- 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	<b>ПК-1.</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов  <b>ПК-2</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	<b>ПК 1.2.</b> Содержание Умеет прогнозировать влияние микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.
			<b>ПК-2.1</b> Знает основные методики проведения исследований наноструктурированных материалов	
			<b>ПК-2.2</b> Умеет производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования  <b>ПК-2.3</b> Владеет навыками выбора методов исследования характеристик наноструктурированных материалов	

проектировании высокотехнологичных процессов в составе первичного проектно-технологического или исследовательского подразделения.	анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем; - все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования процессов синтеза и физико-химических свойств наноматериалов.			А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания 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)
3.		<b>ПК-3.</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом	<b>ПК-3.1.</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	

		требований <b>технологичности,</b> <b>экономичности,</b> <b>надежности и</b> <b>долговечности</b>		
--	--	---	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- основные методики проведения исследований наноструктурированных материалов;
- основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов;
- 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:*

- прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов;
- производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования;
- 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:*

- навыками выбора методов исследования характеристик наноструктурированных материалов;
- 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	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4,0</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
Лекции	0,45	16	12
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,88	32	24
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Контактная самостоятельная работа	2,67	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		95,8	71,85
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет</b>		



## 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
<b>1</b>	<b>Раздел 1. История и основы термического анализа материалов</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>30</b>
<b>1.1</b>	История и этапы развития термических методов анализа	7	-	1	-	-	10
<b>1.2</b>	Основные задачи термического анализа материалов	9	-	1	2	-	10
<b>1.3</b>	Техническая реализация термического анализа	12	-	2	4	-	10
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Классические методы термического анализа</b>	<b>40</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>32</b>
<b>2.1</b>	Термогравиметрический анализ (ТГА)	9	-	1	4	-	8
<b>2.2</b>	Дифференциально-термический анализ (ДТА)	11	-	1	4	-	8
<b>2.3</b>	Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК)	12	-	2	4	-	8
<b>2.4</b>	Дилатометрия	8	-	2	2	-	8
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Комплексные методы анализа наноматериалов</b>	<b>40</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>34</b>
<b>3.1</b>	Термический анализ с изучением выделившихся газов	8	-	2	2	-	8
<b>3.2</b>	Применение термических методов для анализа наноматериалов	12	2	2	4	2	9
<b>3.3</b>	Исследование количественных характеристик наноматериалов методами термического анализа	10	2	-	4	2	9
<b>3.4</b>	Перспективные методы термического анализа	10	-	2	2	-	8
	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>4</b>	<b>96</b>

## **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
<b>Знать:</b>				
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.	+	+	+
<b>Уметь:</b>				
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.	+	+	+
<b>Владеть:</b>				
7	– стандартными методиками анализа наноматериалов методами термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии;		+	+
8	– основами термокинетического анализа;		+	+
9	– методами работы с научной-технической литературой по теоретическим и технологическим аспектам термогравиметрического анализа наноматериалов.	+	+	+

<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>					
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
10	<b>ПК-1.</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<b>ПК 1.2.</b> Содержание Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+
11	<b>ПК-2</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	<b>ПК-2.1</b> Знает основные методики проведения исследований наноструктурированных материалов	+	+	+
12		<b>ПК-2.2</b> Умеет производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования	+	+	+
13		<b>ПК-2.3</b> Владеет навыками выбора методов исследования характеристик наноструктурированных материалов	+	+	+
14	<b>ПК-3.</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований <b>технологичности, экономичности, надежности и долговечности</b>	<b>ПК-3.1.</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	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

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Термохимические методы исследования наноматериалов*» не предусмотрено.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 80 баллов) и реферативно-анализитической работы (максимальная оценка 20 баллов).

### **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 (по одной контрольной работе по каждому разделу) и 1 контрольная работа, обобщающая весь материал дисциплины. Максимальная оценка за контрольные работы составляет 20 баллов за каждую.

**Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. 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. 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. 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.

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

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

1. Термомеханический и динамический механический анализ полимеров [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.В. Олихова. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. – 95 с. : ил.; 5,6 усл. печ. л. – Библиогр.: с. 92-95.
2. Шипина О.Т. Термический анализ в изучении полимеров: учебное пособие/ О.Т. Шипина, В.К. Мингазова, В.А. Петров, А.В. Косточко. – М-во образ.и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – 99 с.

#### **Б. Дополнительная литература**

1. 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: 15.04.2023). — С. 145.

### **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

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

Научно-технические журналы:

- Журнал «Журнал неорганической химии» ISSN 0044-457X

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://elibrary.ru>

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**



Для реализации рабочей программы 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).

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

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

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

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

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Иллюстрации к разделам лекционного курса и практическим занятиям.

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

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

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

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

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

### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"><li>• Word</li><li>• Excel</li><li>• Power Point</li><li>• Outlook</li><li>• OneNote</li><li>• Access</li><li>• Publisher</li><li>• InfoPath</li></ul>	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
<b>Раздел 1. История и основы термического анализа материалов</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классификацию и физическо-химические основы термического анализа материалов;</li> <li>– устройство и принцип работы основных приборов термического анализа;</li> <li>– возможности применения термических методов анализа в технологии наноматериалов;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– подбирать необходимое техническое оформление для исследования наноматериалов требуемых типов;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами работы с научной-технической литературой по теоретическим и технологическим аспектам термогравиметрического анализа наноматериалов.</li> </ul>	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за реферат. Оценка за итоговую контрольную работу.
<b>Раздел 2. Классические методы термического анализа</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классификацию и физическо-химические основы термического анализа материалов;</li> <li>– устройство и принцип работы основных приборов термического анализа;</li> <li>– возможности применения термических методов анализа в технологии наноматериалов;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализировать результаты исследования наноматериалов термическими методами;</li> <li>– рассчитывать физико-химические параметры химических реакций с участием наноматериалов по результатам термогравиметрии и сканирующей калориметрии;</li> <li>– подбирать необходимое техническое оформление для исследования наноматериалов требуемых типов;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– стандартными методиками анализа наноматериалов методами термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии;</li> <li>– основами термокинетического</li> </ul>	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за реферат. Оценка за итоговую контрольную работу.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>анализа;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами работы с научной-технической литературой по теоретическим и технологическим аспектам термогравиметрического анализа наноматериалов.</li> </ul>	
<p><b>Раздел3.</b> <b>Комплексные методы анализа наноматериалов</b></p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классификацию и физическо-химические основы термического анализа материалов;</li> <li>– устройство и принцип работы основных приборов термического анализа;</li> <li>– возможности применения термических методов анализа в технологии наноматериалов;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализировать результаты исследования наноматериалов термическими методами;</li> <li>– рассчитывать физико-химические параметры химических реакций с участием наноматериалов по результатам термогравиметрии и сканирующей калориметрии;</li> <li>– подбирать необходимое техническое оформление для исследования наноматериалов требуемых типов;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– стандартными методиками анализа наноматериалов методами термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии;</li> <li>– основами термокинетического анализа;</li> <li>– методами работы с научной-технической литературой по теоретическим и технологическим аспектам термогравиметрического анализа наноматериалов.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 3. Оценка за реферат. Оценка за итоговую контрольную работу.</p>

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

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

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

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

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

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Термохимические методы исследования наноматериалов»**

**основной образовательной программы**

28.03.03 Наноматериалы

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология наноматериалов»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Основы сканирующей зондовой микроскопии»**

Направление подготовки **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль подготовки – **«Химическая технология наноматериалов»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

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

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



## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **28.03.03 Наноматериалы** (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 сканирующей зондовой микроскопии**» относится к блоку дисциплин по выбору части дисциплин учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физико-химии наноструктурированных материалов, методов и приборов для изучения наночастиц и наноматериалов.

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

### **Задачи дисциплины:**

- 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 «**Основы сканирующей зондовой микроскопии**» преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				
1. участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведении 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; 2. участие в производстве наноматериалов и наносистем с заданными технологическими 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	<b>ПК-2</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	<b>ПК-2.1</b> Знает основные методики проведения исследований наноструктурированных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты
			<b>ПК-2.2</b> Умеет производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования	
			<b>ПК-2.3</b> Владеет навыками выбора методов исследования характеристик наноструктурированных материалов	

<p>функциональными свойствами, проектировании высокотехнологичных процессов в составе первичного проектно-технологического или исследовательского подразделения .</p>	<p>анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем; - все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования процессов синтеза и физико-химических свойств наноматериалов .</p>			<p>Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.</p> <p>А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б)</p> <p>В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н.</p>
---	--	--	--	--

				С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – б)
--	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

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

*Уметь:*

- анализировать изображения и данные, 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

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3,0</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
Лекции	0,45	16	12
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,88	32	24

в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,67</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

**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
<b>1</b>	<b>Современные методы визуализации наноматериалов</b>	<b>56</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>28</b>
1.1	Современные методы визуализации наноматериалов	3	2	1	2	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
<b>2</b>	<b>Возможности СЗМ</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>10</b>
2.1	Другие виды СЗМ	6	-	2	2	-	2
2.2	Возможности СЗМ	14	-	2	4	-	8
<b>3</b>	<b>Применение СЗМ</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>22</b>
3.1	Применение СЗМ для исследования основных классов наноматериалов	26	2	2	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	-	-	-	-	-	-
	<b>Всего часов</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>4</b>	<b>60</b>

## **4.2 Содержание разделов дисциплины**

### **Раздел 1. Основы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)**

**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.

**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.

**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. Подготовка поверхности твердых тел для СТМ исследований.

**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.

**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**

**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.

**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**

#### **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.

**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.

**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 ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>				
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		+	+	+
	<b>Уметь:</b>				
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;		+	+	+
	<b>Владеть:</b>				
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		+	+	+
	<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>				
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
13	<b>ПК-2</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	<b>ПК-2.1</b> Знает основные методики проведения исследований наноструктурированных материалов	+	+	+
14		<b>ПК-2.2</b> Умеет производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования	+	+	+
15		<b>ПК-2.3</b> Владеет навыками выбора методов исследования характеристик наноструктурированных материалов	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№	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 не предусмотрены.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса.

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

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 100 баллов).

### 8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферативно-аналитические работы по дисциплине не предусмотрены.

## **8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины**

Для текущего контроля предусмотрено 4 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 1-3 составляет 20 баллов за каждую. Максимальная оценка за контрольную работу 4 составляет 40 баллов.

**Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1.** 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. Примеры вопросов к контрольной работе № 2.** 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 игловой свертки?
2. Как часто следует перекалибровывать сканер микроскопа?
3. Какая из методик АСМ не дает представление об электрофизических характеристиках поверхности?
4. Что главным образом определяет разрешение в СТМ?
5. Какие кантилеверы должны быть выбраны для проведения магнитно-силовой микроскопии?
6. 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. Примеры вопросов к контрольной работе № 3.** 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.  
Исследование надмолекулярной структуры полимеров и композитов. Использование СЗМ для исследования морфологии и процессов роста.

**Примеры вопросов к контрольной работе № 4. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 20 баллов за вопрос.**

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.

Итоговый контроль по дисциплине не предусмотрен.

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

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### *А. Основная литература*

1. 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: 15.04.2025).
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: 15.04.2025). — 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: 22.04.2025). — С. 145.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Интернет-сайт компании «НТ-МДТ»: <http://www.ntmdt.ru>

### 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- 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).

## 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 сканирующей зондовой микроскопии*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

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

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

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

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

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

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

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

### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

№ п/п	Наименование программного продукта
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine
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
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> </ul> <p style="text-align: right;">InfoPath</p>

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Основы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)	<b>Знает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификацию методов сканирующей зондовой микроскопии;</li> <li>- устройство и принцип работы и физические основы сканирующих зондовых микроскопов;</li> <li>- общие представления о разрешающей способности различных видов сканирующих зондовых микроскопов;</li> <li>- принципы реализации атомарного разрешения в сканирующих зондовых микроскопах;</li> <li>- принцип и режимы работы различных видов сканирующих зондовых микроскопов.</li> </ul> <b>Умеет:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать стандартные методики СЗМ для анализа наноматериалов.</li> </ul> <b>Владеет:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам сканирующей зондовой микроскопии.</li> </ul>	Контрольная работа № 1. Контрольная работа № 4.
<b>Раздел 2.</b> Возможности СЗМ	<b>Знает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общие представления о разрешающей способности различных видов сканирующих зондовых микроскопов;</li> <li>- принципы реализации атомарного разрешения в сканирующих зондовых микроскопах;</li> <li>- принцип и режимы работы различных видов сканирующих зондовых микроскопов.</li> </ul>	Контрольная работа № 2. Контрольная работа № 4.



Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать изображения и данные, полученных различными методами СЗМ;</li> <li>- формулировать технические требования к объектам исследования.</li> <li>- использовать стандартные методики СЗМ для анализа наноматериалов.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками обработки изображений, полученных различными методами СЗМ</li> <li>- принципами проведения эксперимента на современных приборах сканирующей зондовой микроскопии.</li> <li>- методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам сканирующей зондовой микроскопии.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 3.</b> Применение СЗМ</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общие представления о разрешающей способности различных видов сканирующих зондовых микроскопов;</li> <li>- принципы реализации атомарного разрешения в сканирующих зондовых микроскопах;</li> <li>- принцип и режимы работы различных видов сканирующих зондовых микроскопов.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать изображения и данные, полученных различными методами СЗМ;</li> <li>- корректно определять морфологию нанообъектов и наноматериалов;</li> <li>- использовать стандартные методики СЗМ для анализа наноматериалов;</li> <li>- формулировать технические требования к объектам исследования.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками обработки изображений, полученных различными методами СЗМ</li> <li>- принципами проведения эксперимента на современных приборах сканирующей зондовой микроскопии.</li> <li>- методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам сканирующей зондовой микроскопии.</li> </ul>	<p>Контрольная работа № 3. Контрольная работа № 4.</p>

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

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

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

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

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

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Основы сканирующей зондовой микроскопии»**

**основной образовательной программы**

**28.03.03 Наноматериалы**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Химическая технология наноматериалов»**

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Методы лазерной дифракции в анализе наноматериалов»**

Направление подготовки **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль подготовки – **«Химическая технология наноматериалов»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

Программа составлена доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии, к.х.н.  
Мурадовой А.Г.

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

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **28.03.03 Наноматериалы** (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 **«Методы лазерной дифракции в анализе наноматериалов»** относится к блоку дисциплин по выбору части дисциплин учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области аналитической химии, физической и коллоидной химии и физикохимии наноматериалов.

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

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

Дисциплина **«Методы лазерной дифракции в анализе наноматериалов»** преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				
1. 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; 2. участие в производстве наноматериалов и наносистем с заданными технологическими и функциональными свойствами,	- 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 нанодисперсных	<b>ПК-2</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	<b>ПК-2.1</b> Знает основные методики проведения исследований наноструктурированных материалов <b>ПК-2.2</b> Умеет производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования <b>ПК-2.3</b> Владеет навыками выбора методов исследования характеристик наноструктурированных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.  А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в

проектировании высокотехнологичных процессов в составе первичного проектно-технологического или исследовательского подразделения.	частиц, нанопленок и наносистем; - все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования процессов синтеза и физико-химических свойств наноматериалов.			области создания 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)
3. 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; 4. 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	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для	<b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных



<p>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;</p> <p>5. сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>покрытия;</p> <p>- 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;</p> <p>- нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и жизнедеятельности.</p>	<p>заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности</p>	<p>композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.</p> <p>А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н.</p> <p>С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>
--	---	---	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

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

*Уметь:*

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

*Владеть:*

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

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3,0</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
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	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,22</b>	<b>44</b>	<b>33</b>
Контактная самостоятельная работа	1,22	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		44,8	33,85
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

#### 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
<b>1</b>	<b>Теоретические основы светорассеяния</b>	<b>36</b>	-	<b>14</b>	<b>6</b>	-	<b>16</b>
<b>1.1</b>	Введение	6	-	4	-	-	2
<b>1.2</b>	Теоретические основы светорассеяния	18	-	6	4	-	8
<b>1.3</b>	Теория молекулярного рассеяния света	12	-	4	2	-	6
<b>2</b>	<b>Динамическое и статическое рассеивание света</b>	<b>32</b>	-	<b>10</b>	<b>6</b>	-	<b>16</b>
<b>2.1</b>	Поглощение и рассеяние света сферической частицей (теория Ми)	18	-	6	4	-	8
<b>2.2</b>	Динамическое рассеивание света	14	-	4	2	-	8
<b>3</b>	<b>Лазерные анализаторы. Схемы установок</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	Составные элементы анализаторов размера частиц	14	2	4	2	2	4
<b>3.2</b>	Принципиальные схемы установок лазерных анализаторов	14	2	4	2	2	4
	Подготовка к зачету	<b>12</b>	-	-	-	-	4
	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>44</b>

## **4.2 Содержание разделов дисциплины**

### **Раздел 1. Теоретические основы светорассеяния**

#### **1.1 Введение. Диагностика и методы исследования наноматериалов и наноструктур**

Методы определения размера частиц. Ситовый метод. Седиментационный метод. Кондуктометрический метод. Метод микроскопии, разновидности микроскопов. Техническое оснащение, общая конструкция электронных микроскопов и характеристики информации, получаемой с использованием различно оснащенных микроскопов. Разрешающая способность микроскопов. Подготовка образцов для исследования на микроскопах. Определение диаметра несферических частиц. Принципиальные возможности электронных микроскопов в случае их применения для анализа материалов.

#### **1.2 Теоретические основы светорассеяния**

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

#### **1.3 Теория молекулярного рассеяния света**

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

### **Раздел 2. Динамическое и статическое рассеивание света**

#### **2.1 Поглощение и рассеяние света сферической частицей (теория Ми)**

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

#### **2.2 Динамическое рассеивание света**

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

### **Раздел 3. Лазерные анализаторы. Схемы установок**

#### **3.1 Составные элементы анализаторов размера частиц**

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

#### **3.2 Принципиальные схемы установок лазерных анализаторов.**

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

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	<b>Знать:</b>				
1	– теоретические основы статического и динамического рассеивания света;	-	+	+	
2	– устройство и принцип работы лазерных анализаторов размера частиц;	-	+	+	
3	– возможности и области применения методов динамического светорассеяния для исследования наноматериалов;	-	+	+	
	<b>Уметь:</b>				
4	– анализировать изображения и данные, полученные методом динамического рассеяния света;	-	+	+	
5	– формулировать технические требования к объектам исследования;	+	+	+	
	<b>Владеть:</b>				
5	– навыками обработки и интерпретации данных, полученных методом динамического рассеяния света;	-	-	+	
6	– методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с применением лазерной дифракции для анализа наноматериалов.	+	+	+	
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>					
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
7	<b>ПК-2</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	<b>ПК-2.1</b> Знает основные методики проведения исследований наноструктурированных материалов	+	+	+
8		<b>ПК-2.2</b> Умеет производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования	+	+	+
9		<b>ПК-2.3</b> Владеет навыками выбора методов исследования характеристик наноструктурированных материалов	+	+	+

10	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	<b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	+	+	+
----	--	--	---	---	---

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

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

### 6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Методы лазерной дифракции в анализе наноматериалов*» не предусмотрено.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета* по дисциплине.

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

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 80 баллов), реферативно-аналитических работ (максимальная оценка 20 баллов).

### 8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

На практических занятиях предусмотрено 2 обязательных доклада. Максимальная оценка за один доклад составляет 10 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). 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.

### **Примерные темы докладов**

#### **Раздел 1. Теоретические основы светорассеяния**

1. Теория Ми в измерении размера частиц
2. Теория Фраунгофера в измерении размера частиц
3. Рассеяние света на больших и малых частицах.
4. Определение дзета-потенциала и молекулярной массы методом светорассеяния.

#### **Раздел 3. Лазерные анализаторы. Схемы установок**

1. Принципиальные схемы установок анализаторов размера частиц.
2. Применение метода лазерной дифракции
3. Оптическая система лазерных анализаторов.
4. Лазерная диагностика в биологии и медицине.
5. Источник излучения в лазерных анализаторах. Виды лазеров, преимущества и недостатки.

### **8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины**

Для текущего контроля предусмотрено 4 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу и итоговая контрольная работа по всем разделам). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 20 баллов за каждую.

#### **Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.**

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

#### **Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.**

1. Спектральные характеристики рассеяния света на сферических частицах.
2. Теория двойного электрического слоя.

#### **Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.**

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



**Примеры вопросов к контрольной работе № 4. Контрольная работа в виде 2 вопросов, по 10 баллов за вопрос.**

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

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

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

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

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

6. Упругое и неупругое рассеяние.

7. Явления Мандельштама-Бриллюэна и Рамана.

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

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

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

11. Особенности индикатрис рассеяния на сферических частицах в зависимости от размера и оптических постоянных. Векторная диаграмма Ми.

12. Теория Фраунгофера. Многократное рассеивание. Статическое рассеивание света.

13. Основные идеи динамического рассеивания света. Параметры определения методом динамического светорассеяния Гидродинамический диаметр.

14. Электрокинетический потенциал. Электрокинетические явления. Теория ДЭС. Молекулярная масса. Сравнение методов статического и динамического рассеяния света.

15. Лазеры, принцип работы лазера. Виды лазеров. Активная среда лазеров. Накачка, механизм «накачки» лазеров. Оптический резонатор. Характеристики качества излучения лазеров.

16. Детекторы фотонов. Фотоэмиссионные устройства.

17. Прибор корреляции. Система счета фотонов.

18. Принципиальные схемы установок лазерных анализаторов.

19. Приборы, особенности моделей лазерных анализаторов, дополнительные модули.

20. Применение метода лазерной дифракции для исследования наноматериалов.

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

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

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

#### **Б. Дополнительная литература**

1. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности, ИД Интеллект, 2011 г., 568 с.
2. 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.
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: 15.04.2023). — С. 145.

### **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 «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org>
2. Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
3. Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы 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).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

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

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС)

Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

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

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

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

### 11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

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

### 11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

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

### 11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

	OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams			
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> <li>• InfoPath</li> </ul>	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
<b>Раздел 1. Теоретические основы светорассеяния</b>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретические основы статического и динамического рассеивания света;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулировать технические требования к объектам исследования;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с применением лазерной дифракции для анализа наноматериалов.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</p> <p>Оценка за контрольную работу № 4.</p> <p>Оценка за реферативно-аналитическую работу №1.</p>
<b>Раздел 2. Динамическое и статическое рассеивание света</b>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретические основы статического и динамического рассеивания света;</li> <li>- устройство и принцип работы лазерных анализаторов размера частиц;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать изображения и данные, полученные методом динамического рассеяния света;</li> <li>- формулировать технические требования к объектам исследования;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с применением лазерной дифракции для анализа наноматериалов.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка за контрольную работу № 4.</p>
<b>Раздел 3. Лазерные анализаторы.</b>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретические основы статического и</li> </ul>	Оценка за контрольную работу

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Схемы установок	<p>динамического рассеивания света;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- устройство и принцип работы лазерных анализаторов размера частиц;</li> <li>- возможности и области применения методов динамического светорассеяния для исследования наноматериалов;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать изображения и данные, полученные методом динамического рассеяния света;</li> <li>- формулировать технические требования к объектам исследования;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками обработки и интерпретации данных, полученных методом динамического рассеяния света;</li> <li>- методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с применением лазерной дифракции для анализа наноматериалов.</li> </ul>	<p>№ 3.</p> <p>Оценка за контрольную работу № 4.</p> <p>Оценка за реферативно-аналитическую работу №3.</p>

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

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

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

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

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

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Методы лазерной дифракции в анализе наноматериалов»**

**основной образовательной программы**

28.03.03 Наноматериалы

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология наноматериалов»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Химическая связь в наноструктурированных материалах и наносистемах»**

**Направление подготовки 28.03.03 Наноматериалы**

**Профиль подготовки – «Химическая технология наноматериалов»**

**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 28.03.03 Наноматериалы (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:**

Наименование категории (группы) ПК	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК
	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	– <b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов – <b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов

	<b>ПК-2</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	<b>- ПК-2.2</b> Умеет производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования
--	--	--

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	Всего		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч
Общая трудоемкость дисциплины	<b>3,00</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>

<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,00</b>	0	<b>0</b>
Лекции	<b>0,89</b>	32	<b>24</b>
Практические занятия (ПЗ)	<b>0,89</b>	32	<b>24</b>
в том числе в форме практической подготовки	<b>0,00</b>	0	<b>0</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,00</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная самостоятельная работа	1,00	0,0	0,0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		36	27
<b>Виды контроля:</b>			
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>0,22</b>	<b>8</b>	<b>6</b>

**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
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Основы квантовой химии.</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>6</b>
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
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Ковалентная связь.</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>14</b>
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; $\sigma$ - и $\pi$ -связи, их особенности. Делокализованные $\pi$ -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

<b>3</b>	<b>Раздел 3. Гетерополярная связь. Межмолекулярные взаимодействия.</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>8</b>
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
<b>4</b>	<b>Раздел 4. Металлы, полупроводники, изоляторы</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>8</b>
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
	<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>36</b>
	<b>Зачет с оценкой</b>	<b>8</b>					
	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>					

## **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 расстояние 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;  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи, их особенности. Делокализованные  $\pi$ -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
<b>Знать:</b>					
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;		+	+	+
<b>Уметь:</b>					
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.	-	+	+	+
<b>Владеть:</b>					
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.			+	+
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>					
	<b>Код и наименование ОПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ОПК</b>			
13	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	– <b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов – <b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов			+



14	<b>ПК-2</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	<b>- ПК-2.2</b> Умеет производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования	+	+	+	+
----	--	--	---	---	---	---

## 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 $\pi$ -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 бутодиена (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<sup>-1</sup>.

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<sup>-1</sup>.

### Тест № 3

1. Оцените электропроводность меди по данным о подвижности электрона (1500 см<sup>2</sup>/(В\*с))

2. Оцените собственную проводимость кремния при  $T=300$  К (подвижность электрона 1500 см<sup>2</sup>/(В\*с), подвижность дырки 200 см<sup>2</sup>/(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  $N_3$  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: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> <li>• InfoPath</li> </ul>	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
<b>Раздел 1. Основы квантовой химии.</b>	<i>Знает:</i> -Квантово-механическое обоснование химической связи; <i>Умеет:</i> - Решать базовые задачи квантовой механики, использовать базовые принципы;	Тест 1; Зачетная работа
<b>Раздел 2. Ковалентная связь.</b>	<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
<b>Раздел 3. Гетерополярная связь.</b>	<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
<b>Раздел 4. Металлы, полупроводники, изоляторы</b>	<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 оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**

**28.03.03 Наноматериалы**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Химическая технология наноматериалов»**

наименование ООП

**«Химическая связь в наноструктурированных материалах и наносистемах»**

**основной образовательной программы**

**28.03.03 Наноматериалы**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Химическая технология наноматериалов»**

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Основы технологии углеродных наноматериалов»**

Направление подготовки **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль подготовки – **«Химическая технология наноматериалов»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

Программа составлена доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии, к.х.н.  
Мурадовой А.Г.

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

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **28.03.03 Наноматериалы** (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 технологии углеродных наноматериалов»** относится к блоку дисциплин по выбору части дисциплин учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области аналитической химии, физической и коллоидной химии и физикохимии наноматериалов.

**Цель дисциплины** – приобретение знаний, умений, владений и формирование компетенций в области углеродных наноматериалов и ознакомление с их структурой, свойствами, возможностями применения.

**Задачи дисциплины** – формирование у обучающихся системных знаний в области углеродных наноматериалов, основных методов получения и возможностей потенциального применения углеродных наноматериалов.

Дисциплина **«Основы технологии углеродных наноматериалов»** преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				
1. 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; 2. 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; - 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	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	<b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов <b>ПК-3.3.</b> Владеет навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6) В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания

<p>физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям;</p> <p>3. сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>сред;</p> <p>- нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и жизнедеятельности.</p>			<p>наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н.</p> <p>С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>
<p><b>Тип задач профессиональной деятельности: производственный и проектно-технологический</b></p>				
<p>1. Сбор и анализ данных о технологических процессах и оборудовании, их параметрах и воздействии на качество продукции применительно к решению производственных задач с использованием баз данных и технической документации.</p> <p>2. Участие в работе</p>	<p>- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия;</p>	<p><b>ПК-4.</b> Способен осуществлять выбор и предварительный расчет основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов</p>	<p>ПК-4.1. Знает типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов»,</p>



<p>группы специалистов при проведении технологических экспериментов, выполнении расчетов и обработке результатов, направленных на оптимизацию производственных процессов, улучшение характеристик продукции и повышение эффективности использования ресурсов.</p> <p>3. Сбор научно-технической информации и анализа современных методик и инноваций в области производственных технологий для подготовки обзоров, отчетов и технических заданий, а также участие в составлении отчетной документации по выполненным проектам и экспериментам.</p> <p>4.</p>	<p>- 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;</p> <p>- нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и жизнедеятельности.</p>			<p>утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.</p> <p>А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н.</p> <p>С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>
--	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата 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.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3,0</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
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	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,22</b>	<b>44</b>	<b>33</b>
Контактная самостоятельная работа	2,22	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		43,8	33,85
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

#### 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
<b>1</b>	<b>Классификация углеродных наноструктур. Нанотрубки и фуллерены</b>	<b>36</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>16</b>
<b>1.1</b>	Введение. Классификация углеродных наноструктур	10	-	4	2	-	4
<b>1.2</b>	Углеродные нанотрубки	14	2	6	2	2	6
<b>1.3</b>	Фуллерен	12	-	4	2	-	6
<b>2</b>	<b>Композиты на основе углеродных наноматериалов. Неуглеродные нанотрубки. Графен. Наноалмаз</b>	<b>44</b>	<b>2</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	Графен	10	-	4	2	-	4
<b>2.2</b>	Наноалмаз	12	-	4	2	-	6
<b>2.3</b>	Композиты, содержащие углеродные материалы	14	-	6	4	-	4
<b>2.4</b>	Неуглеродные нанотрубки	8	2	4	2	2	2
	<b>Реферат</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>6</b>
	Подготовка к зачету	<b>16</b>	-	-	-	-	6
	<b>Всего часов</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>44</b>

## **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 ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
	<b>Знать:</b>			
1	– модификации углерода;		+	+
2	– структуру и свойства углеродных наноматериалов;		+	+
3	– возможности их использования углеродных наноматериалов;		+	+
	<b>Уметь:</b>			
4	– использовать различные источники информации для получения сведений о новейших исследованиях в области углеродных наноматериалов;		+	+
5	– критически анализировать научные публикации;		+	+
	<b>Владеть:</b>			
6	– навыками подготовки аналитических обзоров современной научной литературы в области углеродных наноматериалов в устной и письменной форме.		-	+
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>				
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>		
7	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	<b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	+	+
8		<b>ПК-3.3.</b> Владеет навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения	+	+
9	<b>ПК-4.</b> Способен осуществлять выбор и предварительный расчет основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов	<b>ПК-4.1.</b> Знает типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.2	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

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине *«Основы технологии углеродных наноматериалов»* не предусмотрено.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса.

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

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов), реферативно-аналитических работ (максимальная оценка 40 баллов).

### 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 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу и итоговая контрольная работа по всем разделам). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 20 баллов за каждую.

**Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. 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. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.**

1. Дефекты в графене. Искажения 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.

**Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 2 вопроса, 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.

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

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

1. 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: 15.04.2023).

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: 15.04.2023).

### **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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. База данных Роспатента [www.fips.ru](http://www.fips.ru)
2. База данных научных статей <http://elibrary.ru>

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы 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).

## **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 технологии углеродных наноматериалов*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

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

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

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

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

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

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

материалы в печатном и электронном виде; кафедра́льная библиотека электронных изданий.

#### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> <li>• InfoPath</li> </ul>	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
<b>Раздел 1</b> <b>Классификация углеродных наноструктур. Нанотрубки и фуллерены</b>	<b>Знает:</b> - модификации углерода, структуру и свойства углеродных наноматериалов; <b>Умеет:</b> - использовать различные источники информации для получения сведений о новейших исследованиях в области углеродных наноматериалов; <b>Владеет:</b> - навыками подготовки аналитических обзоров современной научной литературы в области углеродных наноматериалов в устной форме.	Оценка за контрольную работу № 1.  Оценка за контрольную работу № 3.  Оценка за реферативно-аналитическую работу №1.
<b>Раздел 2</b> <b>Композиты на основе углеродных наноматериалов. Неуглеродные нанотрубки. Графен. Наноалмаз</b>	<b>Знает:</b> - возможности использования углеродных наноматериалов; <b>Умеет:</b> - критически анализировать научные публикации; <b>Владеет:</b> - навыками подготовки аналитических обзоров современной научной литературы в области углеродных наноматериалов в письменной форме.	Оценка за контрольную работу № 2.  Оценка за контрольную работу № 3.  Оценка за реферативно-аналитическую работу №2.

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

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

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

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

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

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Основы технологии углеродных наноматериалов»**

**основной образовательной программы**

**28.03.03 Наноматериалы**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Химическая технология наноматериалов»**

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Нanomатериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»**

**Направление подготовки 28.03.03 Nanоматериалы**

**Профиль подготовки – «Химическая технология наноматериалов»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

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

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

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **28.03.03 Наноматериалы** (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 **«Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»** относится к блоку дисциплин по выбору части дисциплин учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют подготовку по дисциплинам «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Биологические наноструктуры» 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.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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



Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				

<p>1. 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;</p> <p>2. 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;</p> <p>3. сбор научно-</p>	<p>- основные типы и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанополенки и наноструктурированные покрытия;</p> <p>- 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, нанополенок и наносистем.</p>	<p><b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>	<p><b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень</p>
---	--	---	--	---

<p>технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>				<p>квалификации – 6)  В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания 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)</p>
---	--	--	--	--

<p>4. 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;</p> <p>5. 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;</p> <p>б. сбор научно-</p>	<p>- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нано пленки и наноструктурированные покрытия;</p> <p>- 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;</p> <p>- нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы</p>	<p><b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нано пленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности</p>	<p><b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов</p> <p><b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень</p>
---	---	--	---	---

<p>технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности.</p>			<p>квалификации – 6)  В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания 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)</p>
---	---	--	--	--

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

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3,0</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
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	0,11	4	3
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,67</b>	<b>60</b>	<b>40</b>
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	39,85
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

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

## 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 гипетермия 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.** Строение липосом. Основные компоненты, используемые для получения липосомных препаратов. Методы получения липосом с лекарственными веществами. Достоинства и недостатки липосомных форм препаратов. Липосомы направленного действия (с векторным компонентом). Липосомы с увеличенным временем циркуляции. Липосомальные вакцины. Липосомы, чувствительные к внешним стимулам. Примеры липосомных препаратов для различных путей введения и лечения различных заболеваний. Перспективы липосом.

**2.3. Полимерные наночастицы и наноматериалы.** Полимеры, разрешенные для медицинского применения. Полимерные наночастицы. Полимерные мицеллы. Конъюгаты лекарственных веществ с полимерной молекулой. Полиплексы как носители для доставки генетического материала. Дендримеры. 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. Ассоциаты поверхностно-



активных веществ как носители лекарственных веществ - мицеллы, микроэмульсии, жидкие кристаллы. 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
	<b>Знать:</b>		
1	перспективные направления применения наноматериалов в медицине;	+	-
2	основы общей фармакологии и актуальные проблемы, связанные с созданием и применением наносистем и наноматериалов для фармацевтики;	+	+
3	примеры наноматериалов для направленного транспорта веществ	-	+
	<b>Уметь:</b>		
4	анализировать научную информацию по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов для фармацевтики	+	+
5	применять теоретические знания об основных подходах к разработке наноматериалов для медицинского применения для решения исследовательских и прикладных задач	+	+
	<b>Владеть:</b>		
6	способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области создания, исследования и применения наносистем и наноматериалов для фармацевтики	-	+
7	способностью оценивать перспективы применения наночастиц и наноматериалов для создания лекарственных препаратов, предназначенных для различных путей введения	+	+
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>			
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>	
8	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+
9	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками	<b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
10	выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	<b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	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 наночастиц. Средства защиты при работе с наночастицами и наноматериалами.	1
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

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине *«Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»* не предусмотрено.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче **зачета** по дисциплине.

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

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов), реферативно-аналитических работ (максимальная оценка 40 баллов).

### 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-вязко-пластичной 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 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу и итоговая контрольная работа по всем разделам). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 20 баллов за каждую.

### **Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. 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 – эмбриотоксические действия, 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. Контрольная работа в виде теста содержит 25 вопросов, по 0,8 балла за вопрос.**

**Вопрос 1.** Достоинства мезопористого  $\text{SiO}_2$  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.** 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 8.** Микрокапсулирование — это процесс заключения мелких частиц вещества

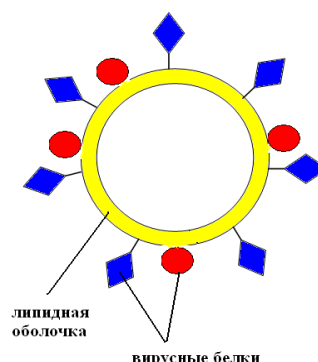
1 – в полимерные мицеллы, 2 – в оболочку их желатина и гуммиарабика, 3 – в тонкую оболочку из пленкообразующего материала, 4 – в фосфолипидную оболочку.

**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. 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  $\text{SiO}_2$  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.** 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 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. Микроземульсии 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.

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

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

1. Е.В. Коноплева Клиническая фармакология. В 2-х томах. М.: Юрайт, 2015. 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. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дызидзигури ; художник С. Инфантэ. — 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: 15.04.2023).
2. Соколов, В. Д. Фармакология : учебник / В. Д. Соколов. — 4-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 576 с. — ISBN 978-5-8114-0901-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211262> (дата обращения: 15.04.2023).

### **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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. База данных Роспатента [www.fips.ru](http://www.fips.ru)
2. База данных научных статей <http://elibrary.ru>

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы 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).

## **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 *«Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»* 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.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

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

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

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

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

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> <li>• InfoPath</li> </ul>	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
<b>Раздел 1.</b> Общие подходы к разработке и применению наноматериалов в медицине	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перспективные направления применения наноматериалов в медицине;</li> <li>- основы общей фармакологии и актуальные проблемы, связанные с созданием и применением наносистем и наноматериалов для фармацевтики;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать научную информацию по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов для фармацевтики;</li> <li>- применять теоретические знания об основных подходах к разработке наноматериалов для медицинского применения для решения исследовательских</li> </ul>	<p>Оценка за доклады.</p> <p>Оценка за первую контрольную работу</p> <p>Оценка на зачете.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>и прикладных задач</p> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способностью оценивать перспективы применения наночастиц и наноматериалов для создания лекарственных препаратов, предназначенных для различных путей введения;</li> </ul>	
<p><b>Раздел 2.</b></p> <p>Виды наноматериалов и наносистем для фармацевтики</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перспективные направления применения наноматериалов в медицине;</li> <li>- основы общей фармакологии и актуальные проблемы, связанные с созданием и применением наносистем и наноматериалов для фармацевтики;</li> <li>- примеры наноматериалов для направленного транспорта веществ;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать научную информацию по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов для фармацевтики;</li> <li>- применять теоретические знания об основных подходах к разработке наноматериалов для медицинского применения для решения исследовательских и прикладных задач;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области создания, исследования и применения наносистем и наноматериалов для фармацевтики;</li> <li>- способностью оценивать перспективы применения наночастиц и наноматериалов для создания лекарственных препаратов, предназначенных для различных путей введения.</li> </ul>	<p>Оценка за доклады.</p> <p>Оценка за вторую контрольную работу</p> <p>Оценка на зачете.</p>

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

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

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

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

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

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Нanomатериалы для направленного транспорта лекарственных веществ»**

**основной образовательной программы**

28.03.03 Нanomатериалы

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология наноматериалов»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.



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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Токсикология и нанотоксикология»**

Направление подготовки 28.03.03 Наноматериалы

Профиль подготовки – «Химическая технология наноматериалов»

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

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

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

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **28.03.03 Наноматериалы** (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 **«Токсикология и нанотоксикология»** относится к блоку дисциплин по выбору части дисциплин учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. 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 и нанотоксикология»** преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				

<p>1. 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;</p> <p>2. 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;</p> <p>3. сбор научно-</p>	<p>- основные типы и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанополенки и наноструктурированные покрытия;</p> <p>- 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, нанополенок и наносистем.</p>	<p><b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>	<p><b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. А: Лабораторно-аналитическое сопровождение</p>
---	--	---	--	---

<p>технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>				<p>разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б)  В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б)  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</p>
---	--	--	--	--

				<p>наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>
--	--	--	--	---

<p>4. 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;</p> <p>5. 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;</p> <p>б. сбор научно-</p>	<p>- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия;</p> <p>- 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;</p> <p>- нормативно-техническая документация и системы сертификации наноматериалов и изделий на их основе, протоколы</p>	<p><b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности</p>	<p><b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов</p> <p><b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. А: Лабораторно-аналитическое сопровождение</p>
---	--	---	---	---



<p>технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и жизнедеятельности.</p>			<p>разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б)  В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б)  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</p>
---	--	--	--	--

				наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)
--	--	--	--	--

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

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3,0</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
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	0,11	4	3
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,67</b>	<b>60</b>	<b>40</b>
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	39,85
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

#### 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
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Основы токсикологии</b>	<b>33</b>	-	14	7	-	12
<b>1.1</b>	Введение и основные понятия	10	-	4	2	-	4
<b>1.2</b>	Действие токсичных веществ на организм	5	-	2	1	-	2
<b>1.3</b>	Детоксикация и антидоты	13	-	6	3	-	4
<b>1.4</b>	Примеры токсического действия веществ	5	-	2	1	-	2
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Нанотоксикология</b>	<b>40</b>	4	18	7	4	15
<b>2.1</b>	Понятие и задачи нанотоксикологии	18	2	8	3	2	7
<b>2.2</b>	Примеры токсического действия наночастиц	22	2	10	4	2	8
	Подготовка и защита рефератов	<b>20</b>	-	-	2	-	18
	Подготовка к зачету	<b>15</b>	-	-	-	-	15
	Форма контроля - зачет		-			-	
	<b>Всего часов</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>60</b>

## 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 ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	
	<b>Знать:</b>			
1	- основные понятия токсикологии и нанотоксикологии;	+	+	
2	- механизмы действия наиболее распространенных токсичных веществ и антидотов;	+	-	
3	- особенности действия наночастиц на живые системы	-	+	
	<b>Уметь:</b>			
4	- правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами,	+	+	
5	- выбирать средства защиты, необходимые при работе с различными наносистемами и наноматериалами	+	+	
	<b>Владеть:</b>			
6	- информацией о токсичности некоторых видов наночастиц и наноматериалов	-	+	
7	- навыками анализа современной научной литературы в области токсичности наноматериалов	+	+	
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>				
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>		
8	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и наномасштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и наномасштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+
9	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	<b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	+	+
10		<b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	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

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Токсикология и нанотоксикология*» не предусмотрено.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета* по дисциплине.

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

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов), реферативно-аналитических работ (максимальная оценка 40 баллов).

### 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 nanoиндустрии. 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  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$  и  $\text{SiO}_2$  в промышленности и в косметике.
14. Фотокаталитическое действие наночастиц  $\text{TiO}_2$ . 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 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу и итоговая контрольная работа по всем разделам). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 20 баллов за каждую.

### **Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. 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)  $DL_{50}$  - 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. 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. 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.

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

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

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

#### **Б. Дополнительная литература**

1. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дызидзигури ; художник С. Инфантэ. — 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: 15.04.2023).
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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. База данных Роспатента [www.fips.ru](http://www.fips.ru)
2. База данных научных статей <http://elibrary.ru>

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы 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).

## **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 «*Токсикология и нанотоксикология*» 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.

### 11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

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

### 11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

	OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams			
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> <li>• InfoPath</li> </ul>	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
<b>Раздел 1.</b> Основы токсикологии	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия токсикологии и нанотоксикологии;</li> <li>- механизмы действия наиболее распространенных токсичных веществ и антидотов;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами,</li> <li>- выбирать средства защиты, необходимые при работе с различными наносистемами и наноматериалами;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками анализа современной научной литературы в области токсичности наноматериалов;</li> </ul>	<p>Оценка за доклады.</p> <p>Оценка за первую контрольную работу</p> <p>Оценка за защиту реферата</p> <p>Оценка за итоговую контрольную работу.</p>
<b>Раздел 2.</b> Нанотоксикология	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия токсикологии и нанотоксикологии;</li> <li>- особенности действия наночастиц на живые системы</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами;</li> <li>- выбирать средства защиты, необходимые при работе с различными наносистемами и наноматериалами.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- информацией о токсичности некоторых</li> </ul>	<p>Оценка за доклады на семинарах.</p> <p>Оценка за вторую контрольную работу</p> <p>Оценка за защиту реферата</p> <p>Оценка за итоговую контрольную работу.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	видов наночастиц и наноматериалов; - навыками анализа современной научной литературы в области токсичности наноматериалов;	

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

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

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

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

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



**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Токсикология и нанотоксикология»**

**основной образовательной программы**

**28.03.03 Наноматериалы**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Химическая технология наноматериалов»**

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Элементы кристаллографии в технологии наноматериалов»**

Направление подготовки **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль подготовки – **«Химическая технология наноматериалов»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

Программа составлена ассистентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии Широких А.Д.

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

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС ВО) для направления подготовки **28.03.03 Наноматериалы**, 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 *«Элементы кристаллографии в технологии наноматериалов»* относится к части учебного плана, определяемой участниками образовательных отношений, блоку дисциплин по выбору. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области аналитической геометрии.

**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.

**Задачи 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 *«Элементы кристаллографии в технологии наноматериалов»* преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **профессиональных компетенций и индикаторов 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
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				
<p>1. 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;</p> <p>2. сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия;</p> <p>- 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.</p>	ПК-1 Способен прогнозировать влияние микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	ПК-1.1 Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.</p> <p>А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной</p>
		ПК-2. Способен применять навыки использования принципов и	ПК-1.3 Владеет методами оценки влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	
			ПК-2.1. Знает основные методики проведения исследований наноструктурированн	

		методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	ых материалов	защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – б)
<p>3. 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;</p> <p>4. 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</p>	<p>- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия;</p> <p>- 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;</p>	<p><b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности,</p>	<p><b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 No 604н. А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б) В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»,</p>
			<p><b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов</p>	
			<p><b>ПК-3.3.</b> Владеет навыками модифицирования</p>	

внешним воздействиям; 5. сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.		надежности и долговечности	методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения	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)
--	--	----------------------------	---	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- элементы точечной и пространственной симметрии, способы их представления и особенности взаимодействия;
- принципы индизирования 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	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч
Общая трудоемкость дисциплины	<b>4,0</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
<b>в т.ч. в форме практической подготовки:</b>	<b>0,11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
в т.ч. в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		95,8	71,85
<b>Виды контроля:</b>			
<b>Зачет</b>	+	+	
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет</b>		



## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов					
		Всего	в т.ч. в форм. пр. под.	Лекции	Прак. зан.	в т.ч. в форм. пр. под.	Сам. работа
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Основы кристаллографического формализма</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>24</b>
1.1	Основные понятия кристаллографии	4	-	2	-	-	5
1.2	Проецирование кристаллов	12	-	4	2	-	7
1.3	Элементы макросимметрии кристаллов	14	-	4	2	-	12
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Макросимметрия нанокристаллов</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>32</b>
2.1	Точечные группы симметрии	14	-	4	2	-	10
2.2	Кристаллографическое индигирование	8	-	2	2	-	10
2.3	Простые формы	14	-	4	2	-	13
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Кристаллохимия наноматериалов</b>	<b>42</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>40</b>
3.1	Элементы трансляционной симметрии	11	-	2	2	-	10
3.2	Пространственные группы симметрии	13	-	4	-	-	10
3.3	Основы кристаллохимии	8	2	3	2	2	10
3.4	Рост нанокристаллов	10	2	3	2	2	10
	<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>4</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>96</b>

## 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 символике Браве, Шэнфлиса и Германа-Могена.

**Кристаллографическое индицирование.** Индексы узлов, рёбер и граней кристаллов. Параметры Вейсса и символы Миллера. Четырехиндексные 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, сrostки кристаллов, симметрия двойников. Методы выращивания кристаллов и особенности формирования нанокристаллов.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	
	<b>Знать:</b>				
1	– элементы точечной и пространственной симметрии, способы их представления и особенности взаимодействия;	+	+	+	
2	– принципы индентирования 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.		+	+	
	<b>Уметь:</b>				
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;			+	
	<b>Владеть:</b>				
9	– навыками кристаллографического описания реальной структуры кристаллов;	+	+	+	
10	– методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических наноматериалов.	+	+	+	
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>					
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			
13	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	– <b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+
14		– <b>ПК-1.3</b> Владеет методами оценки влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов		+	+

15	<b>ПК-2.</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	<b>ПК-2.1.</b> Знает основные методики проведения исследований наноструктурированных материалов		+	+
16	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора этих материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	– <b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	+	+	+
17		– <b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	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

Лабораторный практикум по дисциплине «*Элементы кристаллографии в технологии наноматериалов*» Учебным планом не предусмотрен.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;

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

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка складывается из оценки за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и реферативно-аналитических работ (максимальная оценка 40 баллов).

### 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, Шёнфлиса 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 структур;
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

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

### Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. 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  $90^\circ$ , а одна из вершин лежит на нулевом меридиане имеет широту  $80^\circ$ . 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  $3_2^{-1}$  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  $\bar{4}_x^{-1}$  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. 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  $15^\circ$ .

2. Вывести точечные группы симметрии, записать их символы, взяв в качестве генератора повороты вокруг двух осей второго порядка, пересекающихся под углом  $20^\circ$ .

3. Вывести точечные группы симметрии, записать их символы, взяв в качестве генератора повороты вокруг двух осей второго порядка, пересекающихся под углом  $10^\circ$ .

4. Вывести точечные группы симметрии, записать их символы, взяв в качестве генератора повороты вокруг двух осей второго порядка, пересекающихся под углом  $18^\circ$ .



5. Вывести точечные группы симметрии, записать их символы, взяв в качестве генератора отражение в зеркальных, пересекающихся под углом  $30^\circ$ .

**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. 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 дваждыобъёмноцентрированной 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 объёмноцентрированным ячейкам с иной ориентацией осей.

### Вопрос 3.2.

1. Дополните символ пространственной группы пропущенными элементами симметрии:  $P \frac{2}{?} \frac{2}{c} \frac{2}{m}$ .
2. Дополните символ пространственной группы пропущенными элементами симметрии:  $P \frac{2}{b} \frac{2}{?} \frac{2}{m}$ .
3. Дополните символ пространственной группы пропущенными элементами симметрии:  $P4_2n?$ .
4. Дополните символ пространственной группы пропущенными элементами симметрии:  $P6_3?c$ .
5. Дополните символ пространственной группы пропущенными элементами симметрии:  $P \frac{2}{m} \frac{2}{?} \frac{2}{a}$ .

### 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  $I4$ .

### 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?

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

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

1. Шаскольская, М. П. Кристаллография: учебное пособие для вузов / М.П. Шаскольская. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1984. - 376 с.
2. Минералогия и кристаллография: методические указания по выполнению контрольных работ: Учебное пособие / сост.: О. П. Барина, С. В. Кирсанова. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. - 51 с.

#### **Б. Дополнительная литература**

1. 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>. (дата обращения: 15.04.2023).
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: 15.04.2023).

### **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

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

Научно-технические журналы:

- Журнал «Журнал структурной химии», ISSN 0136-7463

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://elibrary.ru>

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8, (общее число слайдов – более 100);
- набор тем реферативно-аналитической работы, общее число тем – более 60;
- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной

литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

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

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

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

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

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе**

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

### **11.2. Учебно-наглядные пособия**

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

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

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы**

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

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

### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1	Контракт № 62-	-	бессрочно

	Professional Get Genuine	64ЭА/2013 от 02.12.2013		
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> <li>• InfoPath</li> </ul>	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
<b>Раздел 1.</b> Основы кристаллографическ ого формализма	<b>Знает:</b> – элементы точечной и пространственной симметрии, способы их представления и особенности взаимодействия; <b>Умеет:</b> – <input type="checkbox"/> использовать обозначения пространственных и точечных групп симметрии, строить графики пространственных и точечных групп симметрии; <b>Владеет:</b> – навыками кристаллографического описания реальной структуры кристаллов; – методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических наноматериалов.	Оценка за контрольную работу № 1.  Оценка за реферативно-аналитическую работу №1.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p><b>Раздел 2.</b> Макросимметрия нанокристаллов</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– элементы точечной и пространственной симметрии, способы их представления и особенности взаимодействия;</li> <li>– принципы индизирования узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки;</li> <li>– связь облика кристаллов с их структурой и способы управления обликом кристаллов;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать обозначения пространственных и точечных групп симметрии, строить графики пространственных и точечных групп симметрии.</li> <li>– анализировать возможности получения наночастиц различной формы, в зависимости от симметрии кристаллического строения материала наночастиц;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками кристаллографического описания реальной структуры кристаллов;</li> <li>– методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических наноматериалов.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка за реферативно-аналитическую работу №2.</p>
<p><b>Раздел 3.</b> Кристаллохимия наноматериалов</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– элементы точечной и пространственной симметрии, способы их представления и особенности взаимодействия;</li> <li>– типы пространственных решёток, способы построения графиков пространственных групп;</li> <li>– механизмы роста кристаллов, включая нанокристаллы;</li> <li>– связь облика кристаллов с их структурой и способы управления обликом кристаллов;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать обозначения пространственных и точечных групп симметрии, строить графики пространственных и точечных групп симметрии;</li> <li>– анализировать возможности получения</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 3.</p> <p>Оценка за реферативно-аналитическую работу №2.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>наночастиц различной формы, в зависимости от симметрии кристаллического строения материала наночастиц;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– задавать требования к условиям формирования наночастиц и наноматериалов, для обеспечения требуемых структурных и физических характеристик наноматериала;</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками кристаллографического описания реальной структуры кристаллов;</li> <li>– методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических наноматериалов.</li> </ul>	

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

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

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

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

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

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Элементы кристаллографии в технологии наноматериалов»**

**основной образовательной программы**

**28.03.03 Наноматериалы**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Химическая технология наноматериалов»**

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.



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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Магнитные свойства наноструктурированных композиционных  
материалов»**

**Направление подготовки 28.03.03 Наноматериалы**

**Профиль подготовки – «Химическая технология наноматериалов»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

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

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 (ФГОС ВО) для направления подготовки **28.03.03 Наноматериалы**, 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 *«Магнитные свойства наноструктурированных композиционных материалов»* относится к части учебного плана, определяемой участниками образовательных отношений, блоку дисциплин по выбору. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физики магнетизма и основ технологии наноматериалов.

**Цель дисциплины** – - приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области теории и практики разработки и использования магнитных материалов, включая магнитные наноматериалы.

**Задачи дисциплины** – 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.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				
<p>1. 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;</p> <p>2. сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия;</p> <p>- 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.</p>	<p><b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>	<p><b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.</p> <p>А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной</p>
			<p><b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>	
			<p><b>ПК-1.3</b> Владеет методами оценки влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические,</p>	

			химические и другие свойства веществ и материалов	защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – б)
		ПК-2. Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	ПК-2.2. Умеет производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования	
3. 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; 4. участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и	- основные типы наноматериалов и наносистем 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	ПК-3 Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких	ПК-3.1 Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов  ПК-3.2 Владеет навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических	Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б) В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области

<p>наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям;</p> <p>5. сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред;</p>	<p>материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности</p>	<p>параметров его получения</p>	<p>создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н.</p> <p>С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – б)</p>
---	--	--	---------------------------------	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата 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	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4,0</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
<b>в т.ч. в форме практической подготовки:</b>	<b>0,11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
в т.ч. в форме практической подготовки:	0,11	4	3
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		95,8	71,85
<b>Виды контроля:</b>			
<b>Зачет</b>	+	+	
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1. Разделы дисциплины и виды занятий**

№ п.п.	Раздел дисциплины	Академ. часов					
		Всего	в т.ч. в форм. пр. под.	Лекции	Прак. зан.	в т.ч. в форм. пр. под.	Сам. работа
<b>1</b>	Основы магнетизма и теории магнитного упорядочения	<b>32</b>	-	8	4	-	32
<b>1.1</b>	Основы физики магнетизма. Магнетизм атомов и ионов	7	-	2	-	-	8
<b>1.2</b>	Диа- и парамагнетизм. Магнитное упорядочение	9	-	2	2	-	8
<b>1.3</b>	Теория молекулярного поля. Фрустрированные системы	7	-	2	-	-	8
<b>1.4</b>	Магнитная анизотропия и магнитострикция	9		2	2		8
<b>2</b>	Типы магнитных наноматериалов и области их применения	<b>39</b>	2	13	6	2	32
<b>2.1</b>	Основные магнитные материалы	10		3	2		8
<b>2.2</b>	Доменная структура и однодоменность	8	-	3	-	-	8
<b>2.3</b>	Процессы намагничивания	9	-	3	2	-	7
<b>2.4</b>	Суперпарамагнетизм и магнитные жидкости	12	2	4	2	2	9
<b>3</b>	Взаимодействие наноматериалов с электромагнитными полями и методы исследования	<b>37</b>	2	11	6	2	32
<b>3.1</b>	Магнитные резонансы и магнитооптические явления	10	-	3	2	-	8
<b>3.2</b>	Магнитоэлектрические явления. Магнитные гетероструктуры	10	-	3	2	-	8
<b>3.3</b>	Создание магнитных полей	6	-	2	-	-	7
<b>3.4</b>	Исследование магнитных наноматериалов	11	2	3	2	2	9
	<b>Всего часов</b>	<b>144</b>	<b>4</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>96</b>



## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### Раздел 1. Основы магнетизма и теории магнитного упорядочения

**Основы физики магнетизма. Магнетизм атомов и ионов.** Основные понятия. Классификация веществ по отношению к магнитному полю. Спиновый и орбитальный магнитные моменты. Орбитальное вырождение. Парамагнетизм соединений d- и f-элементов, парамагнетизм электронов проводимости.

**Диа- и парамагнетизм. Магнитное упорядочение.** Классические и квантово-механические трактовки диа- и парамагнетизма. Закон Кюри-Вейсса. 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.

**Теория молекулярного поля. Фрустрированные системы.** Представления теории молекулярного поля Вейсса. Температурные зависимости магнитной восприимчивости ферро-, антиферро- и ферримагнетиков. Термодинамическая теория магнитного упорядочения Ландау. Вклад магнитного упорядочения в теплоемкость. Фрустрация спинов в плоских структурах и кубических антиферромагнетиках.

**Магнитная анизотропия и магнитострикция.** Связь структуры магнитных характеристик материала. Магнитокристаллическая анизотропия, обменная магнитная анизотропия и анизотропия формы. Магнитные свойства анизотропных наночастиц. Магнитоупругое взаимодействие, магнитострикция. Магнитостатическая энергия, размагничивающее поле. Слабый ферромагнетизм. Пьезомагнитный и магнитоэлектрический эффект.

### Раздел 2. Типы магнитных наноматериалов и области их применения

**Основные магнитные материалы.** Многообразие магнитных характеристик, магнитная симметрия, мультиферроики. Магнитные характеристики и применение металлов группы железа и их сплавов. Магнитные характеристики и применение редкоземельных металлов и их сплавов. Оксидные ферримагнетики ферриты шпинели, теория Нееля, ферриты гранаты, гексагональные ферриты.

**Доменная структура и однодоменность.** Теория микромагнетизма. Доменная структура, границы доменов. Воротексные структуры в магнитомягких материалах. Доменная структура одноосных ферромагнетиков в объемном, тонкопленочном и наноразмерном состоянии. Поведение однодоменных частиц в магнитном поле. Релаксация намагниченности.

**Процессы намагничивания.** Намагничивание однодоменных частиц (модель Стоонера-Вольфарта). Поле анизотропии. Процесс намагничивания, стабилизация магнитного состояния и динамические эффекты процесса намагничивания. Особенности намагничивания тонких пленок и наночастиц.

**Суперпарамагнетизм и магнитные жидкости.** Внутренний и внешний суперпарамагнетизм. Температура блокировки. Оценка размеров наночастиц по данным магнитной восприимчивости. 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 магнитооптические явления.** Основы теории магнитных резонансов. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс – основы метода, спин-спиновая и спин-решеточная релаксация, принципы ЯМР-томографии и использование наночастиц в качестве контрастных агентов.

Ферромагнитный резонанс. Ферримагнитный резонанс. Антиферромагнитный резонанс. Влияние структуры и магнитных свойств материала на резонансную частоту при естественном ферромагнитном резонансе. Магнитооптические явления – эффекты Фарадея и Фохта, эффект Керра.

**Магнитоэлектрические явления. Магнитные гетероструктуры.** Магнетосопротивление и эффект Холла. Спин-разупорядоченное рассеяние электронов, анизотропное магнетосопротивление, колоссальное магнетосопротивление, планарный и аномальный эффекты Холла. Магнитные свойства тонких пленок. Особенности обменного и косвенного обменного взаимодействий в тонкопленочных магнитных гетероструктурах. Спиновые токи, модель двух токов Мотта. Гигантское магнетосопротивление. Спиновые вентили и спиновые фильтры. Туннельное магнетосопротивление. Устройства хранения информации на основе магнитных сред.

**Создание магнитных полей.** Способы создания однородных магнитных полей и полей требуемой конфигурации. Возможности и ограничения при использовании воздушно-охлаждаемых соленоидов и катушек Гельмгольца. Цилиндры Халбаха. Электромагниты – принцип действия и ограничения. Возможности и ограничения использования постоянных магнитов. Сверхпроводящие соленоиды. Биттеровские и гибридные магниты. Импульсная техника создания магнитных полей и способ сжатия магнитного потока.

**Исследование магнитных наноматериалов.** Исследование дифракции рентгеновских лучей и нейтронов. Спектроскопия магнитного рентгеновского дихроизма. EXAFS и XANES спектроскопия. Спектроскопия гамма-ядерного резонанса (эффекта Мессбауэра) и использование Мессбауэровской спектроскопии для исследования магнитных материалов. Исследование магнитных материалов на доменном уровне: электронная микроскопия, сканирующая зондовая микроскопия с магнитными зондами, микроскопия и спектроскопия эффекта Керра. Исследование макроскопических магнитных характеристик: весы Фарадея, экстракционные магнитометры, вибромагнетометр, SQUID-магнитометрия. Особенности выбора метода исследования.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>			
1	– типы магнитного упорядочения и классификацию магнитоупорядоченных материалов;	+	+	
2	– основные характеристики ферро- и ферромагнитных 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;		+	
	<b>Уметь:</b>			
6	– теоретически оценивать магнитные характеристики новых ферро- и ферромагнитных 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;	+	+	+
	<b>Владеть:</b>			
10	– навыками получения основных классов магнитных наноматериалов;		+	
11	– методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения магнитных наноматериалов;	+	+	+
12	– навыками освоения и применения новых методов исследования магнитных свойств наноматериалов;			+
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>				
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>		

13	<b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	– <b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+
14		– <b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов		+	+
15		– <b>ПК-1.3</b> Владеет методами оценки влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов		+	+
16	<b>ПК-2.</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	<b>ПК-2.2.</b> Умеет производить оценку структуры и свойств наноструктурированных материалов различными методами исследования	+	+	+
17	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора этих материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	– <b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	+	+	+
18		– <b>ПК-3.3</b> Владеет навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Предусмотрены практические занятия обучающегося в бакалавриате в объеме 16 акад. ч.

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Магнитное упорядочение в материалах	2
2	1	Магнитная анизотропия и магнитострикция	2
3	2	Основные магнитные материалы	2
4	2	Доменная структура и процессы намагничивания	2
5	2	Суперпарамагнетизм и магнитные жидкости	2
6	3	Магнитные резонансы и магнитооптические явления	2
7	3	Магнитоэлектрические явления	2
8	3	Исследование магнитных наноматериалов	2

### 6.2. Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине *«Магнитные свойства наноструктурированных композиционных материалов»* Учебным планом не предусмотрен.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины *«Магнитные свойства наноструктурированных композиционных материалов»* предусмотрена самостоятельная работа студента бакалавриата в объеме 60 ч. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение тематических семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- выполнение кейс-задания.

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 складывается из оценки за выполнение проверочных тестов после лекционных занятия (в совокупности не более 20 баллов), оценки за выполнение 3 контрольных работ (максимальная оценка каждой работы – 20 баллов) и оценки за выполнение кейс-задания.

## 8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Выполнение реферативно-аналитических работ по дисциплине не предусмотрено.

## 8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы и выполнение кейс-задания. Максимальная оценка за каждую контрольную работу составляет по 20 баллов. Максимальная оценка за выполнение кейс-задания составляет 20 баллов.

**Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов.** Контрольная работа №1 представляет собой набор из 24 тестовых заданий, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела.

Примеры вопросов контрольной работы № 1:

- 1) В случае бесконечной пластины (перпендикулярной оси Z) размагничивающие факторы по осям равны:
  - а)  $N_x=N_y=1, N_z=1/2$ ;
  - б)  $N_x=N_y=1/2, N_z=0$ ;
  - в)  $N_x=N_y=0, N_z=1$ ;
  - г)  $N_x=N_y=N_z=1/3$ .
- 2) Парамагнетизм определяется:
  - а) взаимодействием поля с магнитным моментом отдельного атома;
  - б) спин-орбитальным взаимодействием;
  - в) сверхобменным взаимодействием;
  - г) взаимодействием поля с магнитным моментом атомного ядра.
- 3) Магнитный момент атома (иона)...
  - а) определяется количеством не спаренных электронов;
  - б) зависит от температуры;
  - в) зависит от характера спин-орбитального взаимодействия;
  - г) зависит от магнитной восприимчивости материала.
- 4) Диамагнетизм возникает в результате:
  - а) сверхобменного взаимодействия;
  - б) дедукции;
  - в) обменного взаимодействия;
  - г) индукции.
- 5) Связь Рассела-Саундерса:
  - а) спиновые и орбитальные моменты электронов складываются по отдельности, а после взаимодействуют;
  - б) спиновые и орбитальные моменты электронов складываются по отдельности и не взаимодействуют;
  - в) спиновый и орбитальный моменты атома не связаны;
  - г) спиновый и орбитальный моменты электронов взаимодействуют между собой, а затем складываются.

**Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов.** Контрольная работа № 2 представляет собой набор из 30 тестовых заданий, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала.

- 1) Суперпарамагнетизмом называют:
  - а) быстрый рост магнитной восприимчивости выше температуры блокировки;

- б) гигантское значение магнитного момента характерное для атомов гадолиния;
  - в) исчезновение магнитной упорядоченности при высоких температурах;
  - г) релаксацию коэрцитивной силы частиц ферро-/ферритмагнетика;
  - д) релаксацию намагниченности частиц ферро-/ферритмагнетика.
- 2) Броуновская релаксация связана с ...
- а) ослаблением спин-орбитального взаимодействия;
  - б) скашиванием (неколлинеарностью) спинов атомов на поверхности частиц;
  - в) одновременным перевертыванием спинов парамагнитных ионов;
  - г) возбуждением магнонов (квантов спиновых колебаний);
  - д) вращением магнитной наночастицы.
- 3) Каким методом чаще всего получают наночастицы магнетита для магнитных жидкостей?
- а) сонохимический метод;
  - б) метод термического разложения органических соединений железа;
  - в) метод окислительной перекристаллизации осадка гидроксидов железа;
  - г) золь-гель метод;
  - д) метод соосаждения.
- 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) Магнитная восприимчивость магнитной жидкости зависит от ...
- а) объёмной доли и намагниченности насыщения магнитной фазы;
  - б) вязкости жидкой основы и температуры окружающей среды;
  - в) вязкости жидкой основы и напряжённости магнитного поля;
  - г) энергии межчастичных взаимодействий;
  - д) температуры окружающей среды.

**Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 20 баллов.** Контрольная работа № 3 представляет собой набор из 40 тестовых заданий, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала.

- 1) Максимальная индукция, создаваемая в сверхпроводящих соленоидах, составляет...:
- а) 20-25 Тл;
  - б) 100-150 Тл;
  - в) 2-5 Тл;
  - г) 1-2 Тл;
  - д) 35-40 Тл.
- 2) "Встречное" включение катушек, аналогичных катушкам Гельмгольца обеспечивает...
- а) однородную намагниченность ферромагнитного сердечника;
  - б) получение однородного магнитного поля;
  - в) сниженное потребление жидкого гелия сверхпроводящими катушками;
  - г) получение однородного градиента магнитного поля;
  - д) увеличение напряженности магнитного поля в области между катушками.
- 3) Наибольшей индукцией насыщения среди всех материалов обладает ...?
- а) мю-металл;
  - б) пермендюр;
  - в) файнмет;
  - г) хайперник;
  - д) железо.

4) Внешняя магнитная восприимчивость современных магнитомягких материалов определяется преимущественно...

- а) намагниченностью таких материалов;
- б) анизотропией формы;
- в) коэрцитивной силой таких материалов;
- г) размагничивающими факторами формы;
- д) магнитокристаллической анизотропией.

5) Максимальные величины магнитной индукции, создаваемой в проводящих катушках ограничены...

- а) механическим разрушением катушек;
- б) доступным количеством взрывчатых веществ;
- в) достижимой силой тока;
- г) текущим уровнем развития человечества;
- д) нарушением сверхпроводимости.

**Максимальная оценка за выполнение кейс-задания – 20 баллов.** Задание заключается в проработке возможности внедрения новых технологий, использующих магнитные наноматериалы, в производственный процесс крупных компаний Российской Федерации. Типичное задание предусматривает использование магнитожидкостного разделение в процессах крупнейших горнодобывающих компаний. По согласованию с ведущим преподавателем возможно формулирование отдельного задания, при условии сохранения масштаба.

## **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: 15.04.2023).
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: 15.04.2023).

#### ***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: 15.04.2023).
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: 15.04.2023).

### **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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.elibrary.ru>

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 12, (общее число слайдов – более 400);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 250);
- видеозаписи лекций (общая продолжительность видео – более 12 часов).

## **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 *«Магнитные свойства наноструктурированных композиционных материалов»* 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.

## 11.2. Учебно-наглядные пособия

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

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

## 11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

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

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

## 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

	InfoPath			
--	----------	--	--	--

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p><b>Раздел 1.</b> Основы магнетизма и теории магнитного упорядочения</p>	<p><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.</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</p>
<p><b>Раздел 2.</b> Типы магнитных наноматериалов и области их применения</p>	<p><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 сопоставление их результатов с составом и структурой исследованных магнитных наноматериалов;</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка за выполнение кейс-задания</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>– применять теоретические знания в области магнетизма наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии;</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>– навыками получения основных классов магнитных наноматериалов;</p> <p>– методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения магнитных наноматериалов.</p>	
<p><b>Раздел 3.</b> Взаимодействие наноматериалов с электромагнитными полями и методы исследования</p>	<p><i>Знает:</i></p> <p>– связь макроскопических магнитных характеристик с внутренней структурой материала;</p> <p><i>Умеет:</i></p> <p>– проводить анализ магнитометрических исследований и сопоставление их результатов с составом и структурой исследованных магнитных наноматериалов;</p> <p>– применять теоретические знания в области магнетизма наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии;</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>– методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения магнитных наноматериалов;</p> <p>– навыками освоения и применения новых методов исследования магнитных свойств наноматериалов.</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 3.</p> <p>Оценка за выполнение кейс-задания</p>

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

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

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

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

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

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**  
**«Магнитные свойства наноструктурированных композиционных материалов»**

**основной образовательной программы**

28.03.03 Наноматериалы

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология наноматериалов»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Основы научных исследований»**

Направление подготовки **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль подготовки – **«Химическая технология наноматериалов»**

**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 28.03.03 Наноматериалы (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 6 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 **общефессиональных компетенций и индикаторов их достижения:**

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Применение функциональных знаний	<b>ОПК-4</b> Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	– <b>ОПК-4.1</b> Применяет средства современных информационных технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации – <b>ОПК-4.2</b> Использует современные информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности
Техническая подготовка	<b>ОПК-5</b> Способен принимать обоснованные технические решения в	- <b>ОПК-5.1</b> Принимает участие в обосновании технических решений в профессиональной деятельности

	профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	– <b>ОПК-5.2</b> 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
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>2,00</b>	<b>72</b>	<b>54</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	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
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,67</b>	<b>24</b>	<b>18</b>
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,0	0,0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		24	18
<b>Виды контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

**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
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Введение. Понятие научных исследований</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
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	<b>Раздел 2. Анализ данных и обработка результатов</b>	<b>60</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>20</b>
1.4	Общее представление о данных. Данные как результат исследований	6	0	2	4		
<b>2.</b>	<b>Прямые измерения. Данные, как результат прямых измерений.</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
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	<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>24</b>

## **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 представления 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
	<b>Знать:</b>			
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;		-	+
	<b>Уметь:</b>			
4	– оценивать эффективность выбора методов исследований;		-	+
5	– проводить оценку точности и надежности получаемых результатов		-	+
	<b>Владеть:</b>			
6	– методами обработки получаемых данных и представления результатов;		-	+
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>				
	<b>Код и наименование ОПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ОПК</b>		
7	– <b>ОПК-4</b> Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	– <b>ОПК-4.1</b> Применяет средства современных информационных технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации – <b>ОПК-4.2</b> Использует современные информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности	+	+
8	– <b>ОПК-5</b> Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	- <b>ОПК-5.1</b> Принимает участие в обосновании технических решений в профессиональной деятельности	-	+
		– <b>ОПК-5.2</b> 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.

## **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., Румшиский 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](http://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
- набор тем докладов на семинарах, общее число тем – более 4.

## 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 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
<b>Раздел 1. Введение. Понятие научных исследований</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные типы научных исследований, особенности формулирования целей и задач исследований;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать эффективность выбора методов исследований;</li> </ul>	Оценка за эссе
<b>Раздел 2. Анализ данных и обработка результатов исследований</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- подходы к выбору эффективных способов достижения целей и решения задач исследований;</li> <li>- подходы к обработке результатов исследований;</li> <li>- имеющиеся на сегодняшний день и возможные в будущем области применения различных видов наносистем и наноматериалов</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить оценку точности и надежности получаемых результатов;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами обработки получаемых данных и представления результатов;</li> </ul>	<p>Оценка за:</p> <p>Анализ результатов прямых и косвенных измерений.</p> <p>Обработка результатов измерений.</p> <p>Решение задач по темам</p> <p>корреляционный и регрессионный анализ</p>

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

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

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

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

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

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины**

**«Основы научных исследований»  
основной образовательной программы**

**28.03.03 Наноматериалы**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Химическая технология наноматериалов»**

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Введение в специальность: наноматериалы»**

Направление подготовки **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль подготовки – **«Химическая технология наноматериалов»**

**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 «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 **28.03.03 Наноматериалы** (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 **«Введение в специальность: наноматериалы»** относится к обязательным дисциплинам обязательной части учебного плана. 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.

Дисциплина **«Введение в специальность: наноматериалы»** преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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



Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
<p>1. 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;</p> <p>2. участие в производстве наноматериалов и наносистем с заданными технологическими и функциональными свойствами, проектировании высокотехнологичных процессов в составе</p>	<p>- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия;</p> <p>- 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</p>	<p><b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>	<p><b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p> <p><b>ПК-1.3</b> Владеет методами оценки влияния микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>
		<p><b>ПК-2</b> Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов</p>	<p><b>ПК-2.1</b> Знает основные методики проведения исследований наноструктурированных материалов</p>

первичного технологического исследовательского подразделения.	проектно- или	нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем; - все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования процессов синтеза и физико-химических свойств наноматериалов.	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	<b>ПК-3.1</b> Знает основные физико- химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов
				<b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно- коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*знать:*

- основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов;
- основные методики проведения исследований наноструктурированных материалов;
- основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов;
- 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 в социально значимых областях;

*уметь:*

- применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов;
  - видеть возможности применения новых наноматериалов и наносистем в различных областях техники и медицины;
  - ориентироваться в литературе, посвященной применению наноматериалов и нанотехнологии;
- владеть:*
- методами оценки влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов;
  - 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

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3,0</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,0</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>0,33</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
Лекции	0,67	32	24
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,33	16	12
в том числе в форме практической подготовки	0,08	4	3
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,0</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Контактная самостоятельная работа	2,0	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		95,6	71,7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

**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
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Общие вопросы нанотехнологии и технологии наноматериалов</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>25</b>
1.1	Введение. История развития науки о наноматериалах и нанотехнологии.	6	1	2	1	1	5
1.2	Уникальные свойства наноматериалов. Примеры размерного эффекта. Наночастицы в окружающей среде.	12	1	4	2	1	10
1.3	Развитие методов 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
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Примеры наноматериалов и их роль в современном обществе</b>	<b>63</b>	<b>-</b>	<b>22</b>	<b>11</b>	<b>-</b>	<b>60</b>
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	Наномедицина. Наноматериалы для создания лекарственных средств. Наноматериалы для терапии рака.	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	Нанопокрyтия с уникальными свойствами.	6	4	2	1	4	5

2.8	Нanomатериалы для энергетики и решения экологических проблем. Оценка потенциальной опасности наноматериалов.	11		4	2		10
	<b>ИТОГО</b>	<b>93</b>		<b>32</b>	<b>16</b>		<b>75</b>
	Подготовка к зачету	15		-	-		21
	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>		<b>32</b>	<b>16</b>		<b>96</b>

## **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. Примеры размерного эффекта. 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. Развитие методов 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 нанокompозиты**

Определение и основные характеристики композиционных материалов. Компоненты композиционных материалов. Виды матриц и наполнителей. Перламутр - природный композит. Примеры композитов с разными наполнителями. Препреги.

Нанокompозиты. Углепластик с астраленами. Бетон с наночастицами различного состава. Полимерные композиты с наночастицами серебра. Нанокompозиты 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 нанопокрyтия. Энергосберегающее стекло. Терморегулирующие покрытия для космических аппаратов. Молниезащитные покрытия в авиации. Радиопоглощающие покрытия с наночастицами. Радиопоглощающие ткани с наноструктурами. Покрытия для бетона с наночастицами  $\text{TiO}_2$  для самоочистки. Другие покрытия с наночастицами.

## **2.8. Наноматериалы для энергетики и решения экологических проблем. Оценка потенциальной опасности наноматериалов.**

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:	Раздел 1	Раздел 2	
	<b>Знать:</b>			
1	– наиболее известные типы наноматериалов и наноструктур, их строение и основные свойства;	-	+	
2	– наиболее яркие достижения в области нанотехнологии и химической технологии наноматериалов;	+	+	
3	– имеющиеся на сегодняшний день и возможные в будущем области применения различных видов наносистем и наноматериалов	+	+	
	<b>Уметь:</b>			
4	– видеть возможности применения новых наноматериалов и наносистем в различных областях техники и медицины;	-	+	
5	– ориентироваться в литературе, посвященной применению наноматериалов и нанотехнологии;	+	+	
	<b>Владеть:</b>			
6	– методами представления сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде устных докладов и презентаций;	+	+	
<b>В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</b>				
	<b>Код и наименование ОПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ОПК</b>		
9	– ПК-1 Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	ПК-1.1 Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+
10		ПК-1.3 Владеет методами оценки влияния микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+
11	ПК-2 Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний и диагностики наноструктурированных материалов	ПК-2.1 Знает основные методики проведения исследований наноструктурированных материалов	+	+

12	<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	<b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	+	+
13		<b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	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 развития нанотехнологии и наноматериалов.	1
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

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине *«Введение в специальность: наноматериалы»* не предусмотрено.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами и электронными базами данных;
- подготовку к сдаче зачета по дисциплине.

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

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 50 баллов), реферативно-аналитических работ (максимальная оценка 10 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

### **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 наномашинны.
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 контрольные работы – 35 баллов, всего за две контрольные работы – 50 баллов.

**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 нанообъектов в зависимости от размера элементов их структуры; 2) размера нанообъектов в зависимости от внешних условий; 3) свойств нанообъектов в зависимости от внешних условий; 4) размера нанообъектов 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) наноккомпозитом; 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 ( $\text{BaFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  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  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$

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

Максимальное количество баллов за зачёт 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.

#### Максимальное количество баллов за зачёт с оценкой – 40 баллов

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».

2. Проявлением размерного эффекта не является

1) каталитическая активность наночастиц золота в реакции окисления СО 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 казённого; 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:

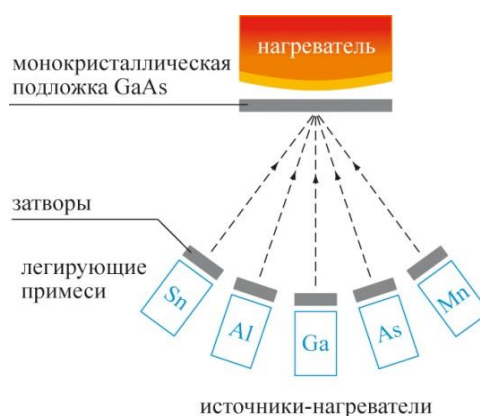
1) с 12-ю пятиугольными и 2-мя или более шестиугольными кольцами; 2) с 12-ю шестиугольными и 2-мя или более пятиугольными; 3) с 12-ю пятиугольными и 2-мя или более четырехугольными; 4) с 12-ю восьмиугольными и 2-мя или более шестиугольными

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) наномагниты; 4) магнитопласты

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  $\text{TiO}_2$

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

#### 8.4. Структура и примеры билетов для экзамена

Зачёт с оценкой по дисциплине «**Введение в специальность: наноматериалы**» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 40 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачёта с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за один вопрос – 1 балл.

Пример билета для зачёта с оценкой:

<p>«Утверждаю» Зав. кафедрой наноматериалов и нанотехнологии</p> <p>(Подпись) _____</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра наноматериалов и нанотехнологии</b>
	<b>28.03.03 Наноматериалы</b>
	<b>Профиль – «Химическая технология наноматериалов»</b>
<b>Введение в специальность: наноматериалы</b>	
<b>Билет № _</b>	
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 $\text{TiO}_2$	

### 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. 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.

#### **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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. База данных Роспатента [www.fips.ru](http://www.fips.ru)
2. База данных научных статей <http://elibrary.ru>

#### **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 «*Введение в специальность: наноматериалы*» 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	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

	Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams			
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> </ul> 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
<b>Раздел 1.</b> Общие вопросы нанотехнологии и технологии наноматериалов	<i>Знает:</i> - 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; <i>Умеет:</i> - ориентироваться в литературе, посвященной применению наноматериалов и нанотехнологии; <i>Владеет:</i> - методами представления сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде устных докладов и презентаций;	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр)  Оценка за зачёт (1 семестр)
<b>Раздел 2.</b> Примеры наноматериалов и их роль в современном обществе	<i>Знает:</i> - 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 <i>Умеет:</i> - видеть возможности применения новых наноматериалов и наносистем в различных областях техники и медицины; - ориентироваться в литературе, посвященной применению наноматериалов и нанотехнологии; <i>Владеет:</i> - методами представления сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде устных докладов и презентаций;	Оценка за контрольную работу №1 (1 семестр)  Оценка за зачёт (1 семестр)

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

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

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ 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**  
**«Введение в специальность: наноматериалы»**

**основной образовательной программы**

**28.03.03 Наноматериалы**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Химическая технология наноматериалов»**

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

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

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Композиционные материалы»**

Направление подготовки 28.03.03 Наноматериалы

Профиль подготовки – «Химическая технология наноматериалов»

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**



Программа составлена доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии, к.х.н.  
Мурадовой А.Г.

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

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **28.03.03 Наноматериалы** (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 **«Композиционные материалы»** относится к обязательным дисциплинам обязательной части учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей и неорганической химии и материаловедения.

**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.

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

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и расчетно-аналитический</b>				
1. 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; 2. 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; - процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические	– <b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от
			<b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	
		<b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы,	<b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных	

<p>помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; 3. сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>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.</p>	<p>включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности</p>	<p>материалов <b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов</p>	<p>08.09.2015 № 604н. А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б) В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б) 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 – б)</p>
		<p>– <b>ПК-4</b> Способен осуществлять выбор и предварительный расчет основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов</p>	<p>– <b>ПК-4.3</b> Владеет навыками выбора основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов</p>	

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов;
- основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов;
- основные типы композиционных материалов;
- физико-химические основы создания композиционных материалов;
- основные характеристики и свойства композиционных материалов различного назначения;

*Уметь:*

- прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов;
- - применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов;
- - выбирать композиционные материалы для конкретных целей;

*Владеть:*

- навыками выбора основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов;
- 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	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3,0</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>0,89</b>	<b>32</b>	<b>24</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	-	-	-
Лекции	0,45	16	12
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	12
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,11</b>	<b>76</b>	<b>57</b>
Контактная самостоятельная работа	2,11	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,6	56,7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

#### 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
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Основы композиционных материалов</b>	<b>42</b>	-	8	6	-	28
<b>1.1</b>	Введение, основные определения, краткая характеристика композиционных материалов	8	-	2	-	-	6
<b>1.2</b>	Дисперсно-упрочненные композиционные материалы	10	-	2	2	-	6
<b>1.3</b>	Волокнистые и слоистые композиционные материалы	12	-	2	2	-	8
<b>1.4</b>	Композиционные материалы на металлической основе.	12	-	2	2	-	8
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Типы композиционных материалов и области их применения</b>	<b>48</b>	4	8	10	4	30
<b>2.1</b>	Керамические композиционные материалы	10	-	2	2	-	6
<b>2.2</b>	Углерод-углеродные композиционные материалы	12	-	2	2	-	8
<b>2.3</b>	Полимерные композиционные материалы	12	-	2	2	-	8
<b>2.4</b>	Наноккомпозиты	14	4	2	4	4	8
	Подготовка к зачету	<b>18</b>	-	-	-	-	18
	<b>Всего часов</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>76</b>

## **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 органоглин. Огнестойкие полимерные нанокомпозиты. Методы повышения огнестойкости. Нанометаллы как антипирены. Композиты на основе нановолокон.

**Нанокompозиты.** Понятие термина «нанокompозит». Классификация нанокompозитов. Современный рынок нанокompозитов. Виды керамических композитов, их состав. Керметы. Керамические нанокompозиты, их виды. Применение нанокompозитов. Нанопокpытия. Гибридные органо-неорганические композиты. Самоочищающийся бетон. Наполнители для нанокompозитов (углеродные нанотрубки). Композиты на основе нановолокон. Области применения нановолокон. Получение полимерных нанокompозитов. Слоистые силикаты – глинистые минералы. «Интеллектуальные» полимерные композиты. Пожарная опасность полимеров. Механизмы снижения горючести полимерных материалов. Производство замедлителей горения. Огнестойкие свойства нанокompозитов на основе слоистых соединений.



## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2
	<b>Знать:</b>			
1	– основные типы композиционных материалов;		-	+
2	– физико-химические основы создания композиционных материалов;		+	+
3	– основные характеристики и свойства композиционных материалов различного назначения;		+	+
	<b>Уметь:</b>			
4	– выбирать композиционные материалы для конкретных целей;		-	+
	<b>Владеть:</b>			
5	– навыками анализа научно-технической литературы в области композиционных материалов;		+	+
6	– методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций;		+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>		
7	– <b>ПК-1</b> Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	<b>ПК-1.1</b> Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+
8		<b>ПК-1.2</b> Умеет прогнозировать влияние микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+
9	– <b>ПК-3</b> Способен применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, владеет навыками выбора таких материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	– <b>ПК-3.1</b> Знает основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов	+	+
10		– <b>ПК-3.2</b> Умеет применять информационно-коммуникационные технологии для сбора и анализа технической информации по инновационным разработкам в области получения наноструктурированных материалов	+	+

11		– <b>ПК-3.3</b> Владеет навыками модифицирования методик и способов получения, для обеспечения заданных свойств материала и технологических параметров его получения	+	+
12	– <b>ПК-4</b> Способен осуществлять выбор и предварительный расчет основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов	– <b>ПК-4.3</b> Владеет навыками выбора основных процессов и аппаратов химической технологии наноматериалов	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1	Введение, 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

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

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовка реферата по указанным темам;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой по дисциплине.

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

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

### **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 нанокompозиты. Свойства, получение, примеры.
15. Модификаторы нанокompозитов.

### **8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины**

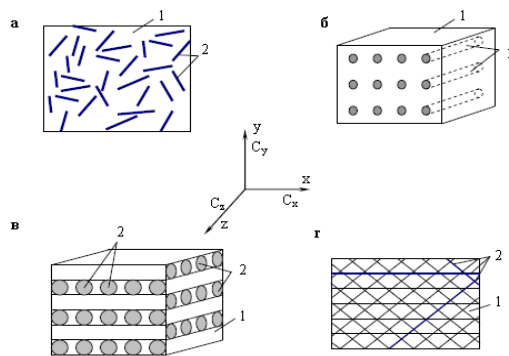
Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет 20 баллов за каждую работу.

#### **Раздел 1. Пример вопросов к контрольной работе № 1. 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 *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. Перечислите методы получения СКМ. Более подробно расскажите о любом из методов.

## Раздел 2. Пример вопросов к контрольной работе № 2. 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)

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.

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

### 8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

**Зачет с оценкой** по дисциплине **«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**:

<p>«Утверждаю» Зав. кафедрой наноматериалов и нанотехнологии</p> <p>(Подпись) _____</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.03.03 Наноматериалы
	Профиль – «Химическая технология наноматериалов»
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**

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

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
2. Журнал «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. База данных Роспатента [www.fips.ru](http://www.fips.ru)
2. База данных научных статей <http://elibrary.ru>

### **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 20);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 20).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

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

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым



дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

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

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

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Композиционные материалы»* 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.

### 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: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> <li>• OneNote</li> <li>• Access</li> <li>• Publisher</li> </ul>	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
<b>Раздел 1.</b> Основа композиционных материалов	<b>Знает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химические основы создания композиционных материалов;</li> <li>– основные характеристики и свойства композиционных материалов различного назначения;</li> </ul> <b>Умеет:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выбирать композиционные материалы для конкретных целей;</li> </ul> <b>Владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками анализа научно-технической литературы в области композиционных материалов;</li> <li>– методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций;</li> </ul>	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за реферат. Оценка на зачёте.
<b>Раздел 2.</b> Типы композиционных материалов и области их применения	<b>Знает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные типы композиционных материалов;</li> <li>– физико-химические основы создания композиционных материалов;</li> <li>– основные характеристики и свойства композиционных материалов различного назначения;</li> </ul> <b>Умеет:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выбирать композиционные материалы для конкретных целей;</li> </ul> <b>Владеет:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками анализа научно-технической литературы в области</li> </ul>	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за реферат. Оценка на зачёте.

	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;	
--	--	--

### **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**  
**«Композиционные материалы»**

**основной образовательной программы**

**28.03.03 Наноматериалы**

код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Химическая технология наноматериалов»**

наименование ООП

Форма обучения: очная

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



РХТУ им. Д.И. Менделеева  
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Лемешев Дмитрий Олегович  
Проректор по учебной работе,  
Ректорат

Подписан: 16:01:2026 19:24:01