

**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 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

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

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС ВО) для направления подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 **«Композиционные материалы»** относится к части дисциплин, формируемых участниками образовательных отношений, к дисциплинам по выбору.

Цель дисциплины - приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области полимерных нанокомпозитов и ознакомление с их структурой, свойствами, возможностями применения.

Задача дисциплины – формирование у обучающихся представлений об основных понятиях полимерных композиционных материалов, их свойствах, способах получения, способах управления их характеристиками и путями практического использования.

Дисциплина **«Композиционные материалы»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Композиционные материалы»** 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
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвердых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное</p>	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	<p>ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов</p> <p>ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов</p> <p>ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда</p>

	<p>программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик;</p> <p>- Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами;</p> <p>- Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности;</p>	<p>ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий</p>	<p>ПК-5.1 Знает основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем в современных технологических процессах</p>	<p>и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – б)</p> <p>- Анализ опыта</p>
--	---	---	---	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- основные виды матриц и наполнителей для создания полимерных нанокомпозитов;
- основные свойства различных полимерных матриц и полимерных композиционных материалов;
- основные методы переработки полимерных нанокомпозитов;

уметь:

- выбрать полимерный нанокомпозиционный материал для заданной области применения
- выбрать нужный тип матрицы и наполнителя для создания полимерного наноматериала с заданными свойствами;

владеть:

- информацией о существующих и перспективных областях применения полимерных нанокомпозитов;
- навыками подготовки докладов на основе анализа современной научной литературы в области полимерных нанокомпозитов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	12,5
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,5
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	1,59	74	56
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		73,6	55,7
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п.п.	Раздел дисциплины	Часов			
		Всего	Лек	ПЗ	СР
1	Основы полимерных композиционных наноматериалов	66	10	10	46
1.1	Введение, основные определения, краткая характеристика композиционных материалов.	12	2	-	10
1.2	Механические свойства полимерных материалов.	16	2	4	10

1.3	Получение полимерных композиционных материалов.	16	2	2	12
1.4	Основные свойства полимерных композиционных материалов.	22	4	4	14
2	Методы переработки, особенности и перспективы полимерных композиционных наноматериалов	42	7	7	28
2.1	Основные методы переработки полимерных нанокомпозитов.	14	2	2	10
2.2	Полимерсиликатные нанокомпозиты.	12	2	2	8
2.3	Существующие и перспективные области применения полимерных нанокомпозитов	16	3	3	10
	Подготовка к экзамену	36	-	-	36
	Всего часов	144	17	17	110

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основы полимерных композиционных наноматериалов

1.1 Введение, основные определения, краткая характеристика композиционных материалов. Основные определения. Роль полимерных нанокомпозитов в современном мире. Классификация полимеров.

1.2 Механические свойства полимерных материалов. Механические свойства полимеров. Растворы полимеров. Вязкотекучее состояние полимеров. Упругие свойства полимеров. Стеклообразное состояние высокомолекулярных соединений. Кристаллизация полимеров.

1.3 Получение полимерных композиционных материалов. Получение полимерных нанокомпозитов. Виды нанонаполнителей для полимеров. Нанокомпозиты на основе термопластов. Нанокомпозиты на основе реактопластов. Методы введения нанонаполнителей в полимерную матрицу. Нанокомпозиционные наполнители для полимерных матриц.

1.4 Основные свойства полимерных композиционных материалов. Возрастание прочностных и деформационных свойств, ударных характеристик, барьерных свойств (газо- и водопроницаемости), снижение горючести и т.д. Влияние нанонаполнителей на реологические свойства, теплостойкость и термостойкость полимеров. Критическая длина волокон.

Раздел 2. Методы переработки, особенности и перспективы полимерных композиционных наноматериалов

2.1 Основные методы переработки полимерных нанокомпозитов. Процессы формования изделий из нанонаполненных термопластичных полимерных материалов (экструзия, литье под давлением, специальные методы). процессов формования изделий из нанонаполненных термореактивных полимерных материалов (прессование, литье под давлением, профильное формование).

2.2 Полимерсиликатные нанокомпозиты. Структура и свойства монтмориллонита. Понятия интеркаляции и эксфолиации монтмориллонита. Структура полимерсиликатных нанокомпозитов. Дисперсионнонаполненные, волокнистые и слоистые полимерсиликатные нанокомпозиты. Технология получения полимерсиликатных нанокомпозитов.

2.3 Существующие и перспективные области применения полимерных нанокомпозитов. Полимерные нанокомпозиты на основе органоглин. Огнестойкие полимерные нанокомпозиты. Методы повышения огнестойкости. Нанометаллы как антипирены. Композиты на основе нановолокон.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
	Знать:		
1	- основные виды матриц и наполнителей для создания полимерных нанокомпозитов;	+	+
2	- основные свойства различных полимерных матриц и полимерных композиционных материалов;	+	+
3	- основные методы переработки полимерных нанокомпозитов	-	+
	Уметь:		
4	- выбрать полимерный нанокомпозиционный материал для заданной области применения	-	+
5	- выбрать нужный тип матрицы и наполнителя для создания полимерного наноматериала с заданными свойствами	+	-
	Владеть:		
6	- информацией о существующих и перспективных областях применения полимерных нанокомпозитов;	+	+
7	- навыками подготовки докладов на основе анализа современной научной литературы в области полимерных нанокомпозитов.		
	Код и наименование ПК		
8	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин	+	+
8	ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий ПК-5.1 Знает основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем в современных технологических процессах	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки магистров предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Композиционные материалы» в объеме 17 часов (0,47 зач. ед.). Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе.

Примерный перечень практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Механические свойства полимерных материалов.	4
2	1	Получение полимерных композиционных материалов.	2
3	1	Основные свойства полимерных композиционных материалов.	4
4	2	Основные методы переработки полимерных нанокompозитов.	2
5	2	Полимерсиликатные нанокompозиты.	2
6	2	Существующие и перспективные области применения полимерных нанокompозитов	3

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки магистров лабораторные занятия не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины «Композиционные материалы» предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 110 часов (3,05 зач. ед.). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовка реферата по указанным темам;
- подготовку к сдаче экзамена по дисциплине.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая оценка за дисциплину складывается из оценки работы в семестре (максимально 60 баллов) и оценки, полученной на экзамене (максимально 40 баллов). Оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (до 40 баллов), подготовку рефератов (научных докладов) (до 20 баллов) по тематике дисциплины, максимальная оценка за работу в семестре – 60 баллов.

При оценке научных докладов оценивается качество докладов (глубина проработки темы, использование современных источников информации, в том числе зарубежных) и

качество презентации доклада. Презентация докладов происходит на семинарских занятиях, причем остальные студенты задают вопросы докладчику и участвуют в обсуждении доклада.

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Программой дисциплины предусмотрено выполнение двух реферативно-аналитических работ. Максимальная оценка за каждый реферат составляет 20 баллов.

Подготовка и защита реферата

Подготовка и защита реферата включает в себя поиск и детальный анализ двух и более источников научной информации (научной статьи или патента) по 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 – 20 баллов. Объем реферата составляет 10-15 страниц.

План реферата по научной статье или патенту.

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

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

Примерная тематика реферативно-аналитической работы:

1. Композиционные материалы на металлической матрице.
2. Композиционные материалы на неметаллической матрице
3. Псевдосплавы. Применение, свойства, примеры.
4. Полимерные композиционные материалы с гибридной матрицей.
5. Керамические нанокompозиты. Свойства, получение, примеры.
6. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы. Применение, свойства, примеры.
7. Керметы и их свойства. Применение, примеры.
8. Волокнистые композиционные материалы.
9. Слоистые композиционные материалы.
10. Нитевидные нанокристаллы. Получение, свойства и применение.
11. Модификаторы нанокompозитов.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка контрольной работы составляет 20 баллов.

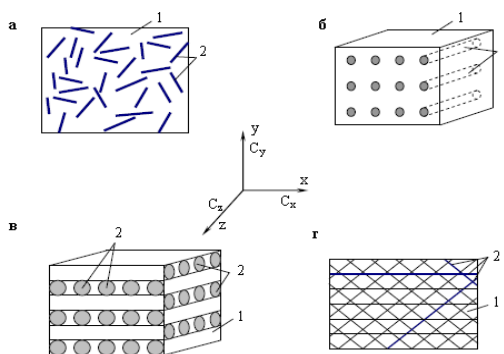
Контрольные работы по разделу 1 представляет собой набор из 1 открытого вопроса и из 10 вопросов тестовой части, а по разделу 2 – набор из 15 вопросов тестовой части, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала.

Пример варианта открытого вопроса контрольной работы по разделу 1:

Перечислите методы получения полимерных нанокомпозитов. Более подробно расскажите о любом из методов.

Пример тестовой части контрольной работы по разделу 1:

1. Композиционные материалы с несколькими наполнителями называются:
а) полиматричные; б) мультиматричные; в) гибридные; г) полигибридные.
2. К методам получения СКМ относится:
а) прессование; б) прокатка; в) волочение; г) все ответы
3. Где на рисунке изображен волокнистый КМ с продольно-поперечной укладкой?



4. К механизму торможения разрушения ВКМ относятся:
а) разрушение границ раздела за счет расслаивания; б) ветвление трещины; в) вытягивание волокон из матрицы; г) разрыв волокон.
5. Отметьте изотропные КМ:
а) волокнистые; б) слоистые; в) дисперсно-упроченные; г) все ответы.
6. Керметы – это композиционные материалы, которые можно отнести к следующему классу:
а) «пластичная матрица – хрупкий наполнитель»; б) «хрупкая матрица – пластичный наполнитель»; в) «хрупкая матрица – хрупкий наполнитель».
7. В каком из примеров на границе раздела формируется механическая связь?
а) Ti – В(волокно); б) Al-W(проволока); в) Y₂O₃-Cr; г) Al₂O₃-Cr.
8. Для получения композитного порошка «пластичная матрица – хрупкий наполнитель» ДУКМ методом поверхностного окисления стеарин добавляют для:

а) предотвращения агрегирования; б) защиты от окисления; в) для повышения растворения оксида в металле; г) все варианты правильные.

9. К модификациям диоксида циркония относятся:

а) моноклинная; б) тетрагональная; в) гексагональная; г) кубическая

10. Для чего применяют деформацию полуфабриката при изготовлении КМ «пластичная матрица – хрупкий наполнитель»?

а) увеличение пористости; б) уменьшение пористости; в) для получения листов полуфабриката; г) нет правильного ответа.

Пример тестовой части контрольной работы по разделу 2:

1. Одним из методов получения УУКМ является метод CVI. Что это?

а) газофазный метод, основанный на увеличении пористости при фильтрации отдельных волокон по размерам с последующим их термическим разложением;

б) жидкофазный метод, основанный на уплотнении пористых волокнистых каркасов в процессе фильтрации через них газообразных химических прекурсоров, их разложения и осаждения матричного материала на поверхности нагретых армирующих волокон;

в) газофазный метод, основанный на уплотнении пористых волокнистых каркасов в процессе фильтрации через них газообразных химических прекурсоров, их гомогенного и гетерогенного термохимического разложения и осаждения матричного материала на поверхности нагретых армирующих волокон;

г) жидкофазный метод, основанный на увеличении пористости при фильтрации отдельных волокон по размерам с последующим их термическим разложением.

2. Граница раздела фаз между компонентами называется:

а) профазы; б) интерфазы; в) межфазы; г) нет правильного ответа

3. По химической природе связующего ПКМ делятся на:

а) волокна, нити, жгуты, ткани и т.д.; б) изотропные, анизотропные;

в) органические и неорганические; г) термореактивные и термопластичные.

4. Что не относится к механизму торможения трещин в СКМ?

а) затупление вершины трещины; б) ветвление трещины; в) расслоение композита; г) все ответы правильные.

5. Отметьте анизотропные КМ:

а) волокнистые; б) слоистые; в) дисперсно-упроченные; г) все ответы.

6. Наиболее точно характеризует нанокompозиты:

а) размер наполнителя менее 100 нм; б) размеры прослойки менее 100 нм; в) размеры частиц одной из фаз менее 100 нм; г) размеры частиц хотя бы одной из фаз или размер прослойки между частицами менее 100 нм.

7. К модификациям диоксида циркония относятся:

а) моноклинная; б) тетрагональная; в) гексагональная; г) кубическая

8. Для получения композитного порошка «пластичная матрица – хрупкий наполнитель» ДУКМ методом внутреннего окисления можно взять следующую пару металлов:

а) Ag – матрица, Al – наполнитель; б) Al – матрица, Cu – наполнитель; в) Be – матрица, Ni – наполнитель; г) Cu – матрица, Cr – наполнитель.

9. К методам получения непрерывных волокон не относится:

а) экструзия; б) волочение; в) метод П-Ж-Т (пар-жидкость-твердое); г) пиролиз полимерных волокон.

10. Для чего применяют деформацию полуфабриката при изготовлении КМ «пластичная матрица – хрупкий наполнитель»?

а) увеличение пористости; б) уменьшение пористости; в) для получения листов полуфабриката; г) нет правильного ответа.

11. Полимеризация in-situ это:

а) введение наполнителя в расплавленный полимер; б) смешение дисперсии частиц наполнителя с раствором полимеров с дальнейшим выпариванием растворителя; в) диспергирование наполнителя в мономере, а затем полимеризация, совместно с захваченными наночастицами; г) коагулирование раствора полимера с введенным в него наполнителем путем изменения химического состава

12. СВС – процесс, который происходит:

а) в твердой фазе; б) в жидкой фазе; в) в газовой фазе; г) нет правильного ответа

13. Композиционные материалы, состоящие из двух или более металлоподобных фаз, не взаимодействующих или слабо взаимодействующих между собой это:

а) эвтектические МКМ; б) псевдосплавы; 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 (Экзамен)

Максимальная оценка – 40 баллов.

1. Гибридные композиционные материалы.
2. Слоистые композиционные материалы.
3. Волокнистые композиционные материалы.
4. Роль полимерных нанокомпозитов. Классификация полимеров.
5. Механические свойства полимеров. Растворы полимеров.
6. Упругие свойства полимеров. Стеклообразное состояние высокомолекулярных соединений. Кристаллизация полимеров.
7. Получение полимерных нанокомпозитов.
8. Виды нанонаполнителей для полимеров.
9. Нанокомпозиты на основе термопластов. Нанокомпозиты на основе реактопластов.
10. Методы введения нанонаполнителей в полимерную матрицу.
11. Нанокомпозиционные наполнители для полимерных матриц.
12. Основные свойства полимерных композиционных материалов.
13. Влияние нанонаполнителей на реологические свойства, теплостойкость и термостойкость полимеров.
14. Основные методы переработки полимерных нанокомпозитов.
15. Процессы формования изделий из нанонаполненных термопластичных полимерных материалов
16. Процессы формования изделий из нанонаполненных термореактивных полимерных материалов.
17. Полимерсиликатные нанокомпозиты. Структура полимерсиликатных нанокомпозитов.
18. Дисперсионнонаполненные, волокнистые и слоистые полимерсиликатные нанокомпозиты.
19. Технология получения полимерсиликатных нанокомпозитов.
20. Существующие и перспективные области применения полимерных нанокомпозитов.

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена

Экзамен по дисциплине «Композиционные материалы» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы экзамена оцениваются из максимальной оценки 40 баллов, исходя из максимальной оценки в 20 баллов за вопрос.

Пример экзаменационного билета:

<p>«Утверждаю» Руководитель магистерской программы</p> <hr/> <p>(Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	18.04.01 «Химическая технология» Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология наноматериалов»
	«Композиционные материалы»
Билет № 1	

1. Углерод-углеродные композиционные материалы.
2. Типы связи на границе раздела фаз.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Жуков, А. П. Композиционные материалы на полимерной основе [Текст] : учебное пособие / А. П. Жуков, А. А. Абрашов, Т. А. Ваграмян. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 212 с.
2. Композиционные материалы. Классификация, особенности свойств, применение и технология получения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. Н. Субчева. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. - 128 с. : ил. ; 7,44 усл.печ.л. - Библиогр.: с. 126-127.

Б. Дополнительная литература

1. Русин, Д. Л. Основы комплексного модифицирования полимерных композитов, перерабатываемых проходным прессованием [Текст] : учебное пособие / Д. Л. Русин. - М. : РХТУ. Издат. центр, 2008. - 221 с.
2. Технология получения композиционных материалов на основе армированных полимеров [Текст] : учебное пособие / Т. П. Кравченко [и др.]. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 79 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 9, (общее число слайдов – более 100);
- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 20);

– банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 20).

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

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- учебный портал Moodle РХТУ им. Д.И. Менделеева (или другие LMS);
- сервисы по доставки e-mail сообщений.

Для проведения промежуточных и итоговой аттестации могут использоваться такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

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

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

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

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

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

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

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

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

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

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

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

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Раздел 1. Основы полимерных композиционных наноматериалов</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные виды матриц и наполнителей для создания полимерных нанокомпозитов; • основные свойства различных полимерных матриц и полимерных композиционных материалов; • основные методы переработки полимерных нанокомпозитов <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выбрать полимерный нанокомпозиционный материал для заданной области применения • выбрать нужный тип матрицы и наполнителя для создания полимерного наноматериала с заданными свойствами 	<p>Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за реферат.</p> <p>Оценка на экзамене.</p>
<p>Раздел 2. Методы переработки, особенности и перспективы полимерных композиционных наноматериалов</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные виды матриц и наполнителей для создания полимерных нанокомпозитов; • основные свойства различных полимерных матриц и полимерных композиционных материалов; • основные методы переработки полимерных нанокомпозитов <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выбрать полимерный нанокомпозиционный материал для заданной области применения • выбрать нужный тип матрицы и наполнителя для создания полимерного наноматериала с заданными свойствами <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • информацией о существующих и перспективных областях применения полимерных нанокомпозитов; областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций; 	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка за реферат.</p> <p>Оценка на экзамене.</p>

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

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

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

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

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

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

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

старшим преподавателем кафедры наноматериалов и нанотехнологии Шарапаевым А.И.

д.х.н. проф. Королевой М.Ю.

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

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 **«Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве»** относится к блоку обязательных дисциплин учебного плана, части, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области статистического анализа результатов экспериментальных исследований.

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

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

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

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
--------------------------------------	---------------------------	-----------------------	---	--

<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвердых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик;</p> <p>- Технологические</p>	<p>ПК-2. Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи</p>	<p>ПК-2.1. Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации</p> <p>ПК-2.2. Умеет обобщать и систематизировать научно-техническую информацию</p> <p>ПК-2.3. Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – 6)</p> <p>- Анализ опыта</p>
---	---	---	--	---

	<p>процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами;</p> <p>- Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности;</p>	<p>ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий</p>	<p>ПК-5.1 Знает основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем в современных технологических процессах</p> <p>ПК-5.2 Умеет адаптировать результаты научных исследований в области наноматериалов и наносистем для технологических применений</p> <p>ПК-5.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для представления в виде публикации в научных журналах, написания заявок на патенты, подготовки технических заданий на исследовательские и технологические работы</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – б)</p> <p>- Анализ опыта</p>
--	---	---	--	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

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

Уметь:

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

Владеть:

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

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,88	68	51
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	6
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	1,19	43	32
Лабораторные работы (ЛР)	0,22	8	6
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	6
Самостоятельная работа	2,12	76	57
Контактная самостоятельная работа	2,12	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,6	56,7
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

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

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1 - Основы теории планирования эксперимента

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

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

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

Раздел 2 - Обработка информации в области наук о наноматериалах

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

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

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

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

Раздел 3 - Моделирование и визуализация наносистем

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

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

15	– навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты разработки и применения наноматериалов;	+	+	+
16	– навыками использования компьютерных программ для планирования и анализа эксперимента;	+	+	
17	– методологическими подходами и навыками представления экспериментальных данных, в том числе, результатов многофакторных экспериментов;		+	+
18	– навыками освоения и применения новых компьютерных и информационных инструментов при разработке и исследовании наноматериалов.	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
19	– ПК-2. Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.1. Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации	+	+
		ПК-2.2. Умеет обобщать и систематизировать научно-техническую информацию	+	+
		ПК-2.3. Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования	+	+
20	– ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий	ПК-5.1 Знает основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем в современных технологических процессах	+	+
		ПК-5.2 Умеет адаптировать результаты научных исследований в области наноматериалов и наносистем для технологических применений	+	+
		ПК-5.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для представления в виде публикации в научных журналах, написания заявок на патенты, подготовки технических заданий на исследовательские и технологические работы	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

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

6.2. Лабораторные занятия

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

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

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

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой по дисциплине.

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 52 балла), лабораторного практикума (максимальная оценка 8 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой.

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

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

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

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

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

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

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

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

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

8.2. Оценка лабораторных работ

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

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

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

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

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

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

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

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

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

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

Пример билета для зачета с оценкой:

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

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

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

Б. Дополнительная литература

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

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

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

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

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

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

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

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

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

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

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

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам лекционного курса и практическим занятиям.

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath 	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
4	Python 3.7	Открытое ПО	PSF License	Бессрочная
5	R -3.6.1	Открытое ПО	GNU General Public License	Бессрочная
6	Maxima 5.43	Открытое ПО	GNU General Public License	Бессрочная
7	NAMD 2.13 (University of Illinois NAMD Molecular Dynamics Software)	Бесплатная лицензия для некоммерческого использования	Non-Exclusive, Non-Commercial Use License	Бессрочная
8	LAMMPS	Открытое ПО	GNU General Public License	Бессрочная

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы теории планирования эксперимента	Знает: <ul style="list-style-type: none"> – способы планирования эксперимента; – статистические инструменты планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных; Умеет: <ul style="list-style-type: none"> – производить отбор экспериментальных факторов и построение планов эксперимента в области создания и исследования наноматериалов; – проводить анализ результатов экспериментальных исследований; – выявлять значимость факторов эксперимента; – производить критический анализ опубликованных данных; – применять полученные знания для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии. Владеет: <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты разработки и применения наноматериалов; – навыками использования компьютерных программ для планирования и анализа эксперимента. 	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка на зачёте.
Раздел 2. Обработка информации в области наук о наноматериалах	Знает: <ul style="list-style-type: none"> – современное состояние и перспективные применения компьютерных и информационных технологий в наноиндустрии; – основные системы организации и хранения научно-технической информации; – способы и инструменты обработки и представления экспериментальных данных. Умеет: <ul style="list-style-type: none"> – проводить анализ результатов экспериментальных исследований; – представлять результаты экспериментальных исследований; – производить критический анализ опубликованных данных; – применять полученные знания для решения исследовательских и прикладных 	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка на зачёте.

	<p>задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты разработки и применения наноматериалов; – навыками использования компьютерных программ для планирования и анализа эксперимента; – методологическими подходами и навыками представления экспериментальных данных, в том числе, результатов многофакторных экспериментов; – навыками освоения и применения новых компьютерных и информационных инструментов при разработке и исследовании наноматериалов. 	
<p>Раздел 3. Моделирование и визуализация наносистем</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – подходы к моделированию наносистем – способы и инструменты обработки и представления экспериментальных данных; – статистические инструменты планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных; – современное состояние и перспективные применения компьютерных и информационных технологий в nanoиндустрии. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять полученные знания для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии – проводить моделирование процессов движения и агрегации; – представлять результаты экспериментальных исследований; – проводить анализ результатов экспериментальных исследований; – осуществлять поиск и анализ научной-технической информации в доступных источниках. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками освоения и применения новых компьютерных и информационных инструментов при разработке и 	<p>Оценка за контрольную работу № 3.</p> <p>Оценка за лабораторные работы.</p> <p>Оценка на зачёте.</p>

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

**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

«Кристаллография в технологии наноматериалов»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

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

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

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 **«Кристаллография в технологии наноматериалов»** относится к вариативной части блока обязательных дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области линейной алгебры и аналитической геометрии.

Цель дисциплины – приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области теории и практики использования кристаллографии и смежных дисциплин, применения кристаллографических знаний для направленного проектирования наноматериалов.

Задачи дисциплины – подготовка к использованию симметричного подхода в разработке и химической технологии наноматериалов путём изучения способов описания строения идеальных и реальных кристаллических структур, ознакомления с основными положениями теории роста нанокристаллов, связи их формы и структуры с симметрией физического и химического окружения; подготовка к самостоятельному анализу и использованию в практической деятельности результатов структурных исследований.

Дисциплина **«Кристаллография в технологии наноматериалов»** преподается во 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<p>– Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвердых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки</p>	<p>ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов</p>	<p>ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов</p> <p>ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-</p>

	<p>результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик;</p> <p>- Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами;</p> <p>- Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности;</p>			<p>исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – б)</p> <p>- Анализ опыта</p>
--	---	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- современное состояние и перспективные направления работ в области кристаллографии;
- методы представления симметрических операций и особенности взаимодействия элементов симметрии;
- способы задания узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки;
- типы пространственных решёток, способы построения графиков пространственных групп;
- связь формы кристаллов с их структурой и способы управления формой кристаллов.

Уметь:

- представлять симметрические операции, строить графики пространственных и точечных групп симметрии;
- задавать индексы узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки, осуществлять преобразования индексов;
- проводить анализ результатов экспериментальных исследований структуры кристаллических материалов, в том числе наноматериалов;
- формулировать требования к форме кристаллов и условиям их образования для достижения требуемых физических свойств материала;
- проводить анализ научно-технической информации, затрагивающей проблему применения кристаллографических знаний к разработке новых и перспективных наноматериалов;
- применять теоретические знания кристаллографии для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии.

Владеть:

- навыками использования кристаллографического формализма для описания реальной структуры кристаллов;
- навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты применения кристаллографии и смежных дисциплин;
- методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических материалов, в том числе наноматериалов;
- навыками освоения и применения новых методов исследования внутреннего строения кристаллических материалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,42	51	38
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Практические занятия (ПЗ)	1,42	51	38
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	1,58	57	43
Контактная самостоятельная работа	1,58	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		56,6	42,7
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. рабо- ты	Сам. рабо- та
1.	Раздел 1. Точечные группы симметрии	35	-	-	15	-	-	20
1.1	Основные понятия и проецирование кристаллов	6	-	-	3	-	-	3
1.2	Симметрия кристаллов	10	-	-	4	-	-	6
1.3	Элементы теории групп и точечные группы симметрии	19	-	-	8	-	-	11
2.	Раздел 2. Простые формы и морфогенез кристаллов	34	-	-	17	-	-	17
2.1	Методы кристаллографического индицирования	8	-	-	4	-	-	4
2.2	Простые формы кристаллов и комбинации простых форм	16	-	-	8	-	-	8
2.3	Основные элементы роста кристаллов	10	-	-	5	-	-	5
3.	Раздел 3. Основы кристаллохимии и физические свойства кристаллов	39	-	-	19	-	-	20
3.1	Симметрия кристаллической структуры	12	-	-	6	-	-	6
3.2	Основы кристаллохимии	6	-	-	3	-	-	3
3.3	Несовершенные кристаллы	6	-	-	3	-	-	3
3.4	Физические свойства кристаллов	7	-	-	3	-	-	4
3.5	Методы исследования внутреннего строения кристаллов	8	4	-	4	4	-	4
	ИТОГО	108	4	-	51	4	-	57

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Точечные группы симметрии

Основные понятия и проецирование кристаллов. Значение и задачи кристаллографии в применении к наукам о наноматериалах и нанотехнологии. Виды проекций, используемые в кристаллографии, их построение. Преимущества и недостатки способов проецирования.

Симметрия кристаллов. Элементы и операции симметрии. Элементы симметрии первого рода. Элементы симметрии второго рода. Сложные оси симметрии. Обозначение

элементов симметрии. Способы представления симметрических операций. Взаимодействие элементов симметрии; осевая теорема Эйлера.

Элементы теории групп и точечные группы симметрии. Групповые аксиомы, построение таблицы (квадрата) Кейли; групповые свойства. Вывод точечных групп симметрии. Обозначение точечных групп симметрии в символике Браве, Шэнфлиса и Германа-Могена. Координатные системы в кристаллографии. Категории и сингонии кристаллов. Установка кристаллов.

Раздел 2. Простые формы и морфогенез кристаллов

Методы кристаллографического индизирования. Индексы и символы узлов, рёбер и плоскостей (граней) кристаллов. Параметры Вейсса и символы Миллера. Четырёхиндексные оси гексагональной сингонии, индексы Браве; символы ребер гексагональных кристаллов. Единичная грань в кристаллах разных сингоний. Закон зон.

Простые формы кристаллов и комбинации простых форм. Простые формы в классах с единичным направлением. Простые формы в классах без единичных направлений. Основы гониометрии.

Основные элементы роста кристаллов. Причины и условия образования кристаллов. Механизмы роста кристаллов. Факторы, влияющие на облик кристаллов. Морфологические особенности реальных кристаллов: скульптура граней кристалла, формы роста кристаллов, сростки кристаллов, симметрия двойников. Краткие сведения о способах выращивания кристаллов и управления их внешним обликом в приложении к наноматериалам.

Раздел 3. Основы кристаллохимии и физические свойства кристаллов

Симметрия кристаллической структуры. Пространственная решётка, ячейки Браве. Открытые элементы симметрии: винтовые оси, плоскости скользящего отражения. Взаимодействие закрытых и открытых элементов симметрии. Пространственные группы симметрии; обозначение и вывод пространственных групп симметрии. Построение графиков пространственных групп. Правильные системы точек и их характеристики.

Основы кристаллохимии. Координационные числа, координационные полиэдры, число формульных единиц. Типы химической связи в кристаллах. Плотнейшие шаровые упаковки в кристаллах. Изоструктурность, изотипия, гетеротипия. Основные категории кристаллохимии: морфотропия, полиморфизм, политипия, изоморфизм. Коллоидные кристаллы как частный пример плотнейшей шаровой упаковки.

Несовершенные кристаллы. Напряжения, деформации и упругость кристаллов. Скольжение, элементы и независимые системы скольжения. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Дислокации в наиболее характерных кристаллографических структурах. Точечные дефекты. Двойникование. Особенности проявления структурного несовершенства в нанокристаллических материалах и коллоидных кристаллах.

Физические свойства кристаллов. Скалярные, векторные и тензорные свойства. Связь оптических, электрических и магнитных свойств со структурой кристалла.

Методы исследования внутреннего строения кристаллов. Методы исследования структуры кристаллов. Дифракционные и спектроскопические методы в приложении к исследованию наноматериалов. Анализ данных дифракции рентгеновских лучей и нейтронов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знает:			
1	– современное состояние и перспективные направления работ в области кристаллографии;	+	+	+
2	– методы представления симметрических операций и особенности взаимодействия элементов симметрии;	+	+	+
3	– способы задания узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки;		+	
4	– типы пространственных решёток, способы построения графиков пространственных групп;			+
5	– связь формы кристаллов с их структурой и способы управления формой кристаллов;		+	+
	Умеет:			
6	– представлять симметрические операции, строить графики пространственных и точечных групп симметрии;	+	+	+
7	– задавать индексы узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки, осуществлять преобразования индексов;		+	+
8	– проводить анализ результатов экспериментальных исследований структуры кристаллических материалов, в том числе наноматериалов;			+
9	– формулировать требования к форме кристаллов и условиям их образования для достижения требуемых физических свойств материала;		+	+
10	– проводить анализ научно-технической информации, затрагивающей проблему применения кристаллографических знаний к разработке новых и перспективных наноматериалов;		+	+
11	– применять теоретические знания кристаллографии для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии.	+	+	+
	Владеет			
12	– навыками использования кристаллографического формализма для описания реальной структуры кристаллов;	+	+	+

13	– навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты применения кристаллографии и смежных дисциплин;	+	+	+
14	– методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических материалов, в том числе наноматериалов;		+	+
15	– навыками освоения и применения новых методов исследования внутреннего строения кристаллических материалов.			+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
16	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов		+
		ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов		+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Основные понятия и проецирование кристаллов	3
		Симметрия кристаллов	4
		Элементы теории групп и точечные группы симметрии	8
2	Раздел 2	Методы кристаллографического индирования	4
		Простые формы кристаллов и комбинации простых форм	8
		Основные элементы роста кристаллов	5
3	Раздел 3	Симметрия кристаллической структуры	6
		Основы кристаллохимии	3
		Несовершенные кристаллы	3
		Физические свойства кристаллов	3
		Методы исследования внутреннего строения кристаллов	4

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачета по курсу.

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме зачета с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 20 баллов за каждую.

Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка контрольной работы составляет 20 баллов.

Каждая контрольная работа представляет собой набор из 8-10 контрольных заданий и вопросов, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 10 вопросов. Для учёта различной сложности контрольных вопросов используется следующая шкала оценивания:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Балл	2	2	1	1	3	2	3	1	2	3

1. Определите какой элемент симметрии получится при взаимодействии элементов симметрии, приведённых на рисунке 1.
2. Постройте схему точечной группы, генератор которой задан графически (Рис. 2). Запишите обозначение группы по Шенфлису.
3. Запишите символами Браве элементы симметрии, содержащиеся в группе D_{2h} .
4. Нарисуйте стереографическую проекцию группы C_2 .
5. Перечислите элементы симметрии молекулы азулена (бицикло-[5.3.0]-дека-1,3,5,7,9-пентаена).
6. Постройте матрицу преобразования кристаллографической системы координат для симметрической операции 2_{xz}^{-1} .
7. Определите какому симметрическому преобразованию соответствует матрица, приведённая ниже.

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

8. Какую операцию симметрии необходимо добавить к перечисленным операциям симметрии, чтобы получилась группа: $\{e, m, 3^1, 3^2, \bar{6}^{-1} \dots\}$?
9. В сферу с нанесенной сеткой сферических координат вписан куб так, что одна из его вершин совмещена с северным полюсом, а другая лежит на нулевом меридиане. Определите сферические координаты вершин куба.
10. Определите какие фигуры могут получаться при проецировании правильного октаэдра на плоскость и нарисуйте их.

Рисунок 1

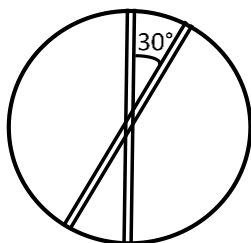
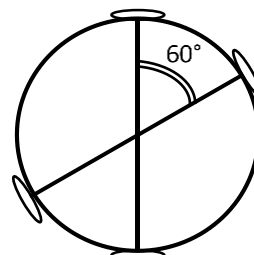


Рисунок 2

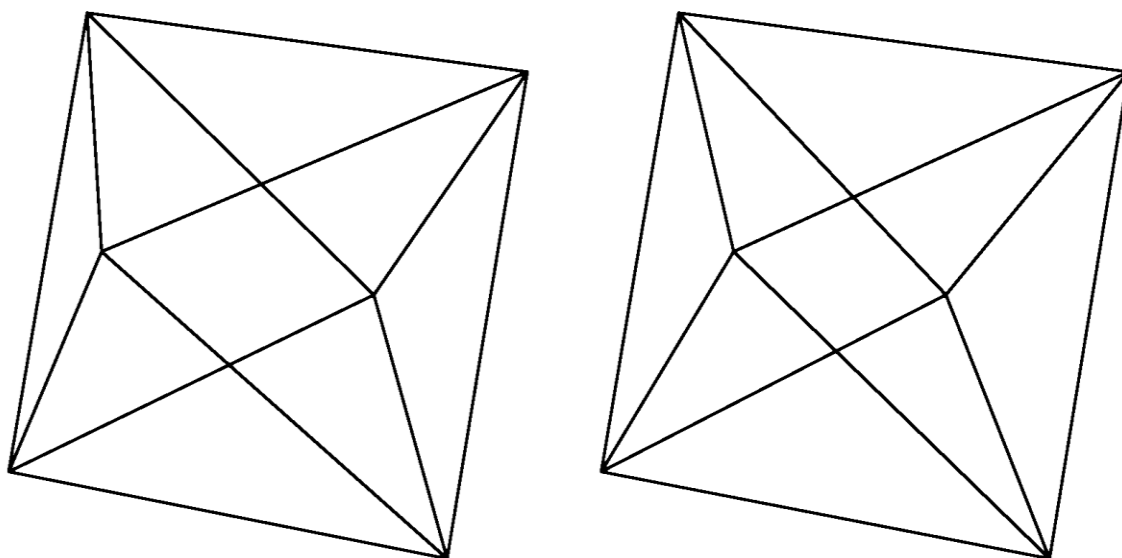


Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 8 вопросов. Для учёта различной сложности контрольных вопросов используется следующая шкала оценивания:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8
Балл	2	3	2	2	3	2	2	4

1. В кристаллическом пространстве с базисными векторами трансляций $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ задан вектор $\vec{R} = x\vec{a} + y\vec{b} + z\vec{c}$. Является ли прямая, параллельная этому вектору, узловым рядом, если x, y, z являются иррациональными числами? Свой ответ обоснуйте.
2. Задан узловой ряд $[320]$. Записать индексы нескольких узлов, лежащих на параллельном узловом ряду, проходящем через узел $[[113]]$.
3. Узловая плоскость отсекает по координатным осям отрезки равные $1a, 3b, 4c$. Каковы её индексы?
4. Постройте гномостереографическую проекцию и назовите общую простую форму в группе C_{2v} . Определите в какой группе эта форма окажется частной.

5. Выведите частные простые формы в группе D_{3d} .
6. К какой группе симметрии может относиться пятигранный тригональный кристалл?
7. Могут ли в огранке кубического кристалла одновременно присутствовать два ромбододекаэдра? Ответ обоснуйте.
8. Какая простая форма кубической сингонии изображена на приведённом ниже рисунке? В каких группах возможны подобные кристаллы?



Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 7 вопросов. Для учёта различной сложности контрольных вопросов используется следующая шкала оценивания:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7
Балл	2	3	2	2	3	2	2

1. Покажите с помощью чертежа, что не существует решётки с центрировкой только двух пар граней.
2. Координационное число атомов структуре простого вещества равно 8, а координационный многогранник - куб. Сделайте вывод о геометрическом характере структуры и типах реализованной в ней химической связи.
3. Плотность кристаллов золота (Au) равна $19,32 \text{ г/см}^3$. Вычислите металлический радиус Au, принимая во внимание, что структура золота описывается ГЦК решёткой. Атомная масса золота – 197,0 а.е.м.
4. Постройте график пространственной группы $P4_2mc$.
5. Дополните символ пространственной группы $P \frac{2_1 2_1 2_1}{? c m}$ пропущенным элементом симметрии.
6. Определите симметрию кристалла магнетита (точечная группа O_h) в однородном магнитном поле (предельная группа $C_{\infty h}$), приложенном в направлении $[100]$.
7. Как следует вырезать пластинку из сфалерита (ZnS, точечная группа Td), чтобы при приложении к её граням одноосного сжатия кристалл поляризовался?

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

Итоговый контроль проводится в форме устного опроса (зачет с оценкой). Билет для проведения зачета содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов, максимальная общая оценка – 40 баллов). Общая оценка зачета складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на зачете. Максимальная оценка зачета – 100 баллов.

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

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов

1. Кристаллическое состояние. Решетка и структура.
2. Элементы и операции симметрии.
3. Способы представления симметрических операций.
4. Кристаллографическая номенклатура.
5. Основные положения теории групп.
6. Взаимодействие симметрических операций.
7. Проецирование кристаллов.
8. Кристаллографические системы координат. Сингонии.
9. Точечные группы симметрии, их вывод.
10. Кристаллографическое индицирование.
11. Закон поясов (зон) Вейсса.
12. Простые формы кристаллов. Гониометрия.
13. Факторы, влияющие на облик кристаллов. Управление формой нанокристаллов.
14. Открытые элементы симметрии.
15. Пространственная решетка. Типы решеток Браве.
16. Пространственные группы симметрии.
17. Обратная решётка – физический смысл и возможности использования.
18. Плотнейшие шаровые упаковки в кристаллах.
19. Изоструктурность, изотипия, гетеротипия.
20. Морфотропия, полиморфизм, политипия, изоморфизм.
21. Физические свойства кристаллов. Принцип Кюри-Неймана.
22. Дифракционные методы исследования внутреннего строения кристаллов.
23. Спектроскопические методы исследования внутреннего строения кристаллов.
24. Дефекты кристаллической структуры.
25. Двойникование. Элементы двойникования. Морфология механических двойников.
26. Коллоидные кристаллы.
27. Скольжение – элементы скольжения, независимые системы скольжения. Максимальные касательные напряжения.
28. Дислокации в кристаллах основных типов. Дефекты решётки и частичные дислокации. Вектор Бюргерса.
29. Поверхности раздела в кристаллах и нанокристаллах.
30. Способы выращивания кристаллов.

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

8.3. Структура и примеры билетов для итогового контроля (зачет с оценкой)

Зачет с оценкой по дисциплине *«Кристаллография в технологии наноматериалов»* включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для *зачета с оценкой* состоит из 3 вопросов, относящихся к

указанным разделам. Ответы на вопросы *зачета с оценкой* оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 10 баллов, второй – 15 баллов, третий вопросы – 15 баллов.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	18.04.01 «Химическая технология» Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология наноматериалов»
	Кристаллография в технологии наноматериалов
Билет № 1	
1. Элементы и операции симметрии.	
2. Плотнейшие шаровые упаковки в кристаллах.	
3. Дифракционные методы исследования внутреннего строения кристаллов.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. 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.
2. Минералогия и кристаллография. Практические вопросы для аудиторных занятий и самостоятельной подготовки [Текст] : учебно-методическое пособие / сост. О. П. Барина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. - 58 с. : ил. ; 3,49 усл.печ.л. - Библиогр.: с. 57.
- 3.

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:22.04.2025).
2. Ильин, А. П. Химия твердого тела : учебное пособие / А. П. Ильин, Н. Е. Гордина. — Иваново : ИГХТУ, 2006. — 216 с. — ISBN 5-9616-0126-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4486> (дата обращения:22.04.2025).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Кристаллография», ISSN 0023-4761
2. Журнал «Журнал структурной химии», ISSN 0136-7463
3. Журнал «CrystEngComm», ISSN 1466-8033
4. Журнал «Journal of Chemical Crystallography», ISSN 1074-1542

5. Журнал «Journal of Crystal Growth», ISSN 0022-0248

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

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

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

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

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

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

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

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

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

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

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям; иллюстрации моделей кристаллических структур и макетов закрытых простых форм.

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

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

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основы кристаллографического формализма	Знает: <ul style="list-style-type: none"> – современное состояние и перспективные направления работ в области кристаллографии; – методы представления симметрических операций и особенности взаимодействия элементов симметрии; Умеет: <ul style="list-style-type: none"> – представлять симметрические операции, строить графики пространственных и точечных групп симметрии. Владеет: <ul style="list-style-type: none"> – навыками использования кристаллографического формализма для описания реальной структуры кристаллов; – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты применения кристаллографии и смежных дисциплин. 	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка на зачёте.
Раздел 2. Методы кристаллографического индизирования и морфогенез кристаллов	Знает: <ul style="list-style-type: none"> – современное состояние и перспективные направления работ в области кристаллографии; – методы представления симметрических операций и особенности взаимодействия элементов симметрии; – связь формы кристаллов с их структурой и способы управления формой кристаллов. – способы задания узлов, рядов и плоскостей кристаллической решётки; Умеет: <ul style="list-style-type: none"> – применять теоретические знания кристаллографии для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии. – проводить анализ научно-технической информации, затрагивающей проблему применения кристаллографических знаний к разработке новых и перспективных наноматериалов; – формулировать требования к форме кристаллов и условиям их образования для 	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка на зачёте.

	<p>достижения требуемых физических свойств материала;</p> <ul style="list-style-type: none"> – представлять симметрические операции, строить графики пространственных и точечных групп симметрии. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических материалов, в том числе наноматериалов; – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты применения кристаллографии и смежных дисциплин; – навыками использования кристаллографического формализма для описания реальной структуры кристаллов. 	
<p>Раздел 3. Основы кристаллохимии и физические свойства кристаллов</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – современное состояние и перспективные направления работ в области кристаллографии; – методы представления симметрических операций и особенности взаимодействия элементов симметрии; – связь формы кристаллов с их структурой и способы управления формой кристаллов. – типы пространственных решёток, способы построения графиков пространственных групп. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять теоретические знания кристаллографии для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии. – проводить анализ научно-технической информации, затрагивающей проблему применения кристаллографических знаний к разработке новых и перспективных наноматериалов; – формулировать требования к форме кристаллов и условиям их образования для достижения требуемых физических свойств материала; – проводить анализ результатов экспериментальных исследований 	<p>Оценка за контрольную работу № 3.</p> <p>Оценка на зачёте.</p>

	<p>структуры кристаллических материалов, в том числе наноматериалов;</p> <ul style="list-style-type: none"> – представлять симметрические операции, строить графики пространственных и точечных групп симметрии. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками освоения и применения новых методов исследования внутреннего строения кристаллических материалов. – методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения кристаллических материалов, в том числе наноматериалов; – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты применения кристаллографии и смежных дисциплин; – навыками использования кристаллографического формализма для описания реальной структуры кристаллов; – навыками освоения и применения новых методов исследования внутреннего строения кристаллических материалов. 	
--	---	--

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

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

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

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

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

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

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Лабораторные работы по физико-химическим свойствам наноматериалов и
наносистем»**

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена:

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

доцентом кафедры наноматериалов и нанотехнологии, к.х.н. Белозеровой 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 – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 **«Лабораторные работы по физико-химическим свойствам наноматериалов и наносистем»** относится к обязательной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области коллоидной химии, физической химии и физикохимии наноструктурированных материалов.

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

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

Дисциплина **«Лабораторные работы по физико-химическим свойствам наноматериалов и наносистем»** преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
– Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвёрдых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик;</p> <p>- Технологические процессы производства, обработки и</p>	ПК-1 Способен формулировать задачи в области химической технологии для самостоятельной и коллективной научно-исследовательской работы, разрабатывать планы их реализации и задания для исполнителей	<p>ПК-1.1 Знает принципы планирования научной работы коллектива исполнителей исходя из целей, задач и ресурсов проведения НИОКР</p> <p>ПК-1.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок</p> <p>ПК-1.3 Владеет приемами оценки материальных, кадровых и временных ресурсов, потребных для научного исследования</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-</p>

	<p>модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами;</p> <p>- Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности;</p> <p>–</p>			<p>конструкторских работ по тематике организации – б)</p> <p>- Анализ опыта</p>
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической</p>	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвердых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды</p>	<p>ПК-3. Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты</p>	<p>ПК-3.1. Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов</p> <p>ПК-3.2. Умеет организовывать проведение экспериментов и испытаний веществ и материалов</p> <p>ПК-3.3.</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов</p>

документации.	<p>исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик;</p> <p>- Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами;</p> <p>- Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности.</p>		<p>Владеет приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов</p>	<p>(уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – б)</p> <p>- Анализ опыта</p>
---------------	--	--	---	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

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

Уметь:

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

Владеть:

- навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов;
- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов.
- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов;
- навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,42	51	38
Лабораторные работы (ЛР)	1,42	51	38
Самостоятельная работа	2,58	93	69,8
Контактная самостоятельная работа	2,58	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,5
Вид контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
1	Диффузия по межфазным границам. Зернограничная диффузия.	30	-	-	10	20
1.1	Лабораторная работа №1 «Объемная и зернограничная диффузия»	30	-	-	10	20
2	Особенности магнитных свойств наноматериалов.	54	-	-	18	36
2.1	Лабораторная работа №2 «Получение и исследование свойств магнитной жидкости с дисперсионной средой вакуумного масла»	27	-	-	9	18
2.2	Лабораторная работа №3 «Получение и исследование магнитных свойств нанокompозитов Nd ₂ Fe ₁₄ B»	27	-	-	9	18
3	Особенности кинетики процессов в гетерофазных системах с наноструктурами.	30	-	-	10	20
3.1	Лабораторная работа №4 «Изучение кинетики высвобождения водорастворимых веществ из наноструктурированных сред методом диализа»	30	-	-	10	20
4	Размерный эффект.	30	-	-	10	20
4.1	Лабораторная работа №5 «Синтез квантовых точек CdSe исследование их фотолюминесцентных свойств».	30	-	-	10	20
	Подготовка к зачету	-	-	-	-	-
	ИТОГО:	144	-	-	51	93

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Диффузия по межфазным границам. Зернограничная диффузия.

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

Раздел 2. Особенности магнитных свойств наноматериалов.

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

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

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

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

Раздел 4. Размерный эффект.

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

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

10	– методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов;	+	+	+	+
11	– навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие универсальные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
13	ПК-1 Способен формулировать задачи в области химической технологии для самостоятельной и коллективной научно-исследовательской работы, разрабатывать планы их реализации и задания для исполнителей	ПК-1.1 Знает принципы планирования научной работы коллектива исполнителей исходя из целей, задач и ресурсов проведения НИОКР	+	+	+
		ПК-1.2 Умеет выбирать методы и средства проведения исследований и разработок	+	+	+
		ПК-1.3 Владеет приемами оценки материальных, кадровых и временных ресурсов, потребных для научного исследования	+	+	+
14	ПК-3. Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.1. Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов	+	+	+
		ПК-3.2. Умеет организовывать проведение экспериментов и испытаний веществ и материалов	+	+	+

		ПК-3.3. Владеет приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	+	+	+	+
--	--	--	---	---	---	---

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Практические занятия не предусмотрены

6.2 Лабораторные занятия

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

Максимальное количество баллов за выполнение и защиту лабораторного практикума составляет 100 баллов (максимально по 12 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Лабораторная работа «Объемная и зернограничная диффузия»	6
2	2	Лабораторная работа «Получение и исследование свойств магнитной жидкости с дисперсионной средой вакуумного масла»	8
3	2	Лабораторная работа «Получение и исследование магнитных свойств нанокомпозитов $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ »	8
4	3	Лабораторная работа «Изучение кинетики высвобождения водорастворимых веществ из наноструктурированных сред методом диализа».	6
5	4	Лабораторная работа «Синтез квантовых точек CdSe ». Синтез квантовых точек CdSe методом горячей инъекции. Исследование фотолюминесцентных свойств квантовых точек.	6

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины **Лабораторные работы по физико-химическим свойствам наноматериалов и наносистем** предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 93 часов (2,58 зач. ед.). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лабораторных занятиях материала;
- подготовку к защите лабораторной работы;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- подготовку к сдаче зачета по дисциплине.

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

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитические работы не предусмотрены.

8.2. Примеры вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

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

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

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

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

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

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

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

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

1. Какие нанообъекты относят к «квантовым точкам»?
2. Какие способы получения квантовых точек Вы знаете?
3. Какой физический смысл уравнения Тауца в определении размера квантовых точек?

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

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

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

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

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

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

<p>«Утверждаю» Руководитель магистерской программы</p> <hr/>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	18.04.01 Химическая технология Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология наноматериалов»
	«Лабораторные работы по физико-химическим свойствам наноматериалов и наносистем»
<p align="center">Билет № 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка размера наночастиц методом динамического светорассеивания. 2. Жидкофазные методы получения наночастиц оксидов железа. 3. Что является наиболее распространенным в лабораторной практике материалом магнитных наночастиц? 4. Назовите основные способы получения таких наночастиц. 5. Какова роль ультразвука при получении наночастиц методом соосаждения? Какой размер имеют получаемые наночастицы? 	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

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

Б. Дополнительная литература

1. Розенцвейг Р. Феррогидродинамика: пер. с англ. М.: Мир, 1989. 356 с.
2. Щербаков А.Б., Иванов В.К. Практикум по наноматериалам и нанотехнологиям. М.: Изд-во Московского университета, 2019. -368 с.
3. Магнитные наноматериалы: учебно-методический комплекс: в 2 т. Т.1 / П.Е. Казин. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. -116 с.
4. Такетоми С., Тикадзуми С. Магнитные жидкости: пер. с японск. М.: Мир, 1993. -272 с.
5. Нанохимия и наноматериалы: учебное пособие / Шабатина Т. И., Голубев А. Н. - М.: Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2014. -63 С..
6. Олейников В.А. Квантовые точки в биологии и медицине // Природа. 2010 [3]. С. 22-28.
7. Микроэмульсии и лиотропные жидкие кристаллы лецитина как системы для трансдермальной доставки лекарственных веществ / Мурашова Н. М., Трофимова Е. С.,

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- контрольные вопросы для текущего контроля освоения лабораторных работ.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

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

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

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

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

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

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «**Лабораторные работы по физическим и химическим свойствам наноматериалов и наносистем**» проводятся в форме лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Оборудование, необходимое для работы, анализа:

Научные лаборатории, снабженные лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, химической посудой, реактивами, необходимым общелабораторным оборудованием (весы

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

11.2. Учебно-наглядные пособия

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

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

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

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

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

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

	<ul style="list-style-type: none"> • OneNote • Access • Publisher • InfoPath 			
--	--	--	--	--

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Диффузия по межфазным границам. Зернограничная диффузия.	<p><i>знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. <p><i>умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p><i>владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов. 	Защита лабораторной работы №1. Оценка на зачёте.

	<ul style="list-style-type: none"> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов; – навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов. 	
Раздел 2. Особенности магнитных свойств наноматериалов.	<p><i>знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. <p><i>умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p><i>владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и 	Защита лабораторных работ №2, №3. Оценка на зачёте.

	<p>наноматериалов.</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов; навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов. 	
<p>Раздел 3.</p> <p>Особенности кинетики процессов в гетерофазных системах с наноструктурами.</p>	<p><i>знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. <p><i>умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p><i>владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и 	<p>Защита лабораторной работы №4. Оценка на зачёте.</p>

	<p>практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов.</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов; навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов. 	
Раздел 4. Размерный эффект.	<p><i>знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. <p><i>умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p><i>владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию 	<p>Защита лабораторной работы №5. Оценка на зачёте.</p>

	<p>подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов.</p> <p>– методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов;</p> <p>навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.</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).

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

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы анализа наноматериалов»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

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

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

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 анализа наноматериалов»** относится к блоку обязательных дисциплин учебного плана, части, формируемой участниками образовательных отношений. Программа предполагает, что обучающиеся имеют подготовку в области физикохимии наноматериалов.

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

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

Дисциплина **«Методы анализа наноматериалов»** преподается во 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
– Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвердых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения</p>	ПК-3. Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	<p>ПК-3.1. Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов</p> <p>ПК-3.2. Умеет организовывать проведение экспериментов и испытаний веществ и материалов</p> <p>ПК-3.3. Владеет приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»,</p>

	<p>материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик;</p> <p>- Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами;</p> <p>- Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности;</p>			<p>утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – б)</p> <p>- Анализ опыта</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

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

Уметь:

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

Владеть:

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

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,88	68	51
в том числе в форме практической подготовки	0,94	34	25
Лекции (ПЗ)	0,94	34	25
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки (<i>при наличии</i>)	0,94	34	25
Самостоятельная работа	2,12	76	57
Контактная самостоятельная работа	2,12	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины (<i>или другие виды самостоятельной работы</i>)		75,6	56,7
Вид контроля:	Экзамен		
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Раздел	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	Сам. работа
1	Особенности исследования нанообъектов и наносистем	24	-	-	-	-	8	16
1.1	Введение	6	-	-	-	-	-	6
1.2	Микроскопия	4	-	-	-	-	-	4
1.3	Электронная оптика и оптика заряженных частиц	14	-	-	-	-	8	6
2	Методы микроскопии	60	24	-	24	24	12	24
2.1	Растровая электронная микроскопия	30	12	-	12	12	6	12
2.2	Просвечивающая электронная микроскопия	30	12	-	12	12	6	12
3	Спектральные методы анализа. Дифракционные методы исследования	60	10	-	10	10	14	36
3.1	Электронно-зондовый микроанализ	9	-	-	-	-	3	6
3.2	Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов	9	-	-	-	-	3	6
3.3	Методы электронной спектроскопии	22	10	-	10	10	4	8
3.4	Взаимодействие ионных пучков с твердым телом	8	-	-	-	-	-	8
3.5	Интегральные методы определения размеров наночастиц	12	-	-	-	-	4	8
	ИТОГО	144	34	-	34	34	34	76
	Подготовка к экзамену	36	-	-	-	-	-	36
	Всего часов	180	34	-	34	34	34	112

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Особенности исследования нанообъектов и наносистем

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

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

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

Раздел 2. Методы микроскопии

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

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

Раздел 3. Спектральные методы анализа. Дифракционные методы исследования

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

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

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

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

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

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	– физические основы методов диагностики наночастиц и наноматериалов	+	+	+
2	– физические основы методов просвечивающей и растровой электронной микроскопии, методов сканирующей зондовой микроскопии	+	+	+
3	– физические основы методов локального анализа	+	+	+
4	– физические основы зондового микроанализа, электронной оже-спектроскопии, рентгенофотоэлектронной спектроскопии, масс-спектрометрии вторичных ионов	+	+	+
5	– физические основы интегральных методов, основанных на рассеянии света и рентгеновского излучения	+	+	+
6	– основные метрологические характеристики методов диагностики и анализа наноматериалов	+	+	+
	Уметь:			
7	– интерпретировать результаты исследований, полученные с использованием методов диагностики наночастиц и наноматериалов	+	+	+
8	– выбирать метод диагностики, обусловленный свойствами объекта и измерительной задачей	+	+	+
9	– оценивать погрешности результатов диагностики и анализа наноматериалов	+	+	+
	Владеть:			
10	– представлением о диагностике, как развивающемся направлении исследований, навыками обработки результатов исследований наноматериалов	+	+	+
11	– навыками критического анализа результатов диагностики	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
12	ПК-3. Способен применять современные приборы и методы исследования, планировать, организовывать и проводить эксперименты и испытания, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты	ПК-3.1. Знает экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление для исследования веществ и материалов	+	+
13		ПК-3.2. Умеет организовывать проведение экспериментов и испытаний веществ и материалов	+	+
14		ПК-3.3. Владеет приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

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

6.2. Лабораторные занятия

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

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

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

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

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

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

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

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

Пример варианта контрольной работы по разделу 1:

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

Пример варианта контрольной работы по разделу 2:

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

Пример варианта контрольной работы по разделу 3:

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

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

Максимальная оценка – 40 баллов.

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

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

8.3. Структура и пример билета для зачёта с оценкой

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

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

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева – 2010, т.1 - 124 с., т.2 – 148 с.
2. Власов, А.И. Наноинженения : учебное пособие : в 17 книгах / А.И. Власов, К.А. Елсуков, Ю.В. Панфилов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011 — Книга 1 : Методы микроскопии — 2011. — 280 с. — ISBN 978-5-7038-3492-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106500> (дата обращения: 22.05.2025)
3. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение : сборник научных трудов / перевод с английского С. А. Иванова, К. И. Домкина. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 607 с. — ISBN 978-5-00101-478-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/94144> (дата обращения: 22.05.2025).

Б. Дополнительная литература

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

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

– Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данной дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

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

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

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

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

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

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

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

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Методы анализа наноматериалов» проводятся в форме практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

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

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

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

11.2. Учебно-наглядные пособия

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

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

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

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none">• Word• Excel• Power Point• Outlook• OneNote• Access• Publisher• InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Особенности исследования нанообъектов и наносистем	<p>знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физические основы методов диагностики наночастиц и наноматериалов; – физические основы методов просвечивающей и растровой электронной микроскопии, методов сканирующей зондовой микроскопии; – физические основы методов локального анализа – физические основы зондового микроанализа, электронной оже-спектроскопии, рентгенофотоэлектронной спектроскопии, масс-спектрометрии вторичных ионов; – физические основы интегральных методов, основанных на рассеянии света и рентгеновского излучения; – основные метрологические характеристики методов диагностики и анализа наноматериалов. <p>умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – интерпретировать результаты исследований, полученные с использованием методов диагностики наночастиц и наноматериалов; – выбирать метод диагностики, обусловленный свойствами объекта и измерительной задачей; – оценивать погрешности результатов диагностики и анализа наноматериалов. <p>владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – представлением о диагностике, как развивающемся направлении исследований, навыками обработки результатов исследований наноматериалов; – навыками критического анализа результатов диагностики. 	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</p>
Раздел 2. Методы микроскопии	<p>знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физические основы методов диагностики наночастиц и наноматериалов; – физические основы методов просвечивающей и растровой электронной микроскопии, методов сканирующей зондовой микроскопии; – физические основы методов локального анализа – физические основы зондового микроанализа, электронной оже-спектроскопии, рентгенофотоэлектронной спектроскопии, масс-спектрометрии вторичных ионов; – физические основы интегральных методов, основанных на рассеянии света и рентгеновского 	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка за лабораторную работу.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>излучения;</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные метрологические характеристики методов диагностики и анализа наноматериалов. <p>умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – интерпретировать результаты исследований, полученные с использованием методов диагностики наночастиц и наноматериалов; – выбирать метод диагностики, обусловленный свойствами объекта и измерительной задачей; – оценивать погрешности результатов диагностики и анализа наноматериалов. <p>владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – представлением о диагностике, как развивающемся направлении исследований, навыками обработки результатов исследований наноматериалов; – навыками критического анализа результатов диагностики. 	
<p>Раздел 3.</p> <p>Спектральные методы анализа.</p> <p>Дифракционные методы исследования</p>	<p>знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физические основы методов диагностики наночастиц и наноматериалов; – физические основы методов просвечивающей и растровой электронной микроскопии, методов сканирующей зондовой микроскопии; – физические основы методов локального анализа – физические основы зондового микроанализа, электронной оже-спектроскопии, рентгенофотоэлектронной спектроскопии, масс-спектрометрии вторичных ионов; – физические основы интегральных методов, основанных на рассеянии света и рентгеновского излучения; – основные метрологические характеристики методов диагностики и анализа наноматериалов. <p>умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – интерпретировать результаты исследований, полученные с использованием методов диагностики наночастиц и наноматериалов; – выбирать метод диагностики, обусловленный свойствами объекта и измерительной задачей; – оценивать погрешности результатов диагностики и анализа наноматериалов. <p>владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – представлением о диагностике, как развивающемся направлении исследований, 	<p>Оценка за контрольную работу № 3.</p> <p>Оценка за лабораторную работу.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	навыками обработки результатов исследований наноматериалов; – навыками критического анализа результатов диагностики.	

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

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

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

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

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

**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 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

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

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 части дисциплин, формируемых участниками образовательных отношений, к дисциплинам по выбору. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области методов анализа наноматериалов.

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

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

Дисциплина **«Методы лазерной дифракции в анализе наноматериалов»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Методы лазерной дифракции в анализе наноматериалов»** направлено на приобретение следующих компетенций и индикаторов их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвердых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных,</p>	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – 6)</p> <p>- Анализ опыта</p>

	<p>моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик;</p> <p>- Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами;</p> <p>- Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности;</p>	<p>ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий</p>	<p>ПК-5.1 Знает основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем в современных технологических процессах</p> <p>ПК-5.2 Умеет адаптировать результаты научных исследований в области наноматериалов и наносистем для технологических применений</p> <p>ПК-5.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для представления в виде публикации в научных журналах, написания заявок на патенты, подготовки технических заданий на исследовательские и технологические работы</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – б)</p> <p>- Анализ опыта</p>
--	--	---	--	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

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

Уметь:

- анализировать изображения и данные, полученные методом динамического рассеяния света;

- формулировать технические требования к объектам исследования;

Владеть:

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

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,69	25	18
Лекции	0	0	0
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	13
Лабораторные работы	0,22	8	6
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	6
Самостоятельная работа	2,31	83	62
Контактная самостоятельная работа	1,81	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		82,6	61,7
Вид итогового контроля:	Зачет		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Лаб. рабо-ты	Сам. работа
1	Раздел 1. Теоретические основы светорассеяния	33	-	6	-	27
1.1	Введение. Диагностика и методы исследования наноматериалов и наноструктур	11	-	2	-	9
1.2	Теоретические основы светорассеяния	11	-	2	-	9
1.3	Теория молекулярного	11	-	2	-	9

	рассеяния света					
2	Раздел 2. Динамическое и статическое рассеивание света	28	-	4	-	24
2.1	Поглощение и рассеяние света сферической частицей (теория Ми)	14	-	2	-	12
2.2	Динамическое рассеивание света	14	-	2	-	12
3	Раздел 3. Лазерные анализаторы. Схемы установок	47	-	7	8	32
3.1	Составные элементы анализаторов размера частиц	20	-	4	-	16
3.2	Принципиальные схемы установок лазерных анализаторов	27	-	3	8	16
	Всего часов	108	-	17	8	83

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

Раздел 2. Динамическое и статическое рассеивание света

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

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

Раздел 3. Лазерные анализаторы. Схемы установок

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

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

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:				
1	– теоретические основы статического и динамического рассеивания света		-	+	+
2	– устройство и принцип работы лазерных анализаторов размера частиц		-	+	+
3	– возможности и области применения методов динамического светорассеяния для исследования наноматериалов		-	+	+
	Уметь:				
4	– анализировать изображения и данные, полученные методом динамического рассеяния света;		-	+	+
5	– формулировать технические требования к объектам исследования;		+	+	+
	Владеть:				
6	– навыками обработки и интерпретации данных, полученных методом динамического рассеяния света;		-	-	+
7	– методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с применением лазерной дифракции для анализа наноматериалов.		-	+	+
	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
8	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов	+	+	+
9		ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин	+	+	+

10	ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий	ПК-5.1 Знает основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем в современных технологических процессах	+	+	+
11		ПК-5.2 Умеет адаптировать результаты научных исследований в области наноматериалов и наносистем для технологических применений	+	+	+
12		ПК-5.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для представления в виде публикации в научных журналах, написания заявок на патенты, подготовки технических заданий на исследовательские и технологические работы	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Предусмотрены практические занятия обучающегося в магистратуре в объеме 17 акад. часов (0,47 зач. ед.).

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

6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «**Методы лазерной дифракции в анализе наноматериалов**», а также дает знания о способах анализа наноматериалов различными инструментальными методами.

Максимальное количество баллов за выполнение и защиту лабораторного практикума составляет 20 баллов.

№	№ раздела дисциплины	Наименование	Кол-во часов
1.	3.2	Получение магнитной жидкости и ее анализ методом динамического светорассеяния	8

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «**Методы лазерной дифракции в анализе наноматериалов**» предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры обучающегося в объеме 83 ч в 3 семестре (2,31 зач. ед.). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины;

- написание реферата по выбранным темам (по выбору);
- подготовку к сдаче экзамена по дисциплине.

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

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

Подготовка и защита реферата

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

План реферата по научной статье или патенту.

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

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

Примерная тематика реферативно-аналитической работы:

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

10. Оптическая система лазерных анализаторов.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов

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

2. Метод микроскопии, разновидности микроскопов. Техническое оснащение, общая конструкция электронных микроскопов и характеристики информации,

получаемой с использованием различно оснащенных микроскопов. Разрешающая способность микроскопов.

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

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

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

6. Упругое и неупругое рассеяние.

7. Явления Мандельштама-Бриллюэна и Рамана.

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

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

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

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

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

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

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

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

16. Детекторы фотонов. Фотоэмиссионные устройства.

17. Прибор корреляции. Система счета фотонов.

18. Принципиальные схемы установок лазерных анализаторов.

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

20. Применение метода лазерной дифракции для исследования наноматериалов.

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

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

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

Пример билета для экзамена:

<p>«Утверждаю» Руководитель магистерской программы</p> <p>(Подпись) (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	18.04.01 «Химическая технология» Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология наноматериалов»
	Методы лазерной дифракции в анализе наноматериалов
<p align="center">Билет № 1</p> <p>1. Методы определения размера частиц. Ситовый метод. Седиментационный метод. Кондуктометрический метод.</p> <p>2. Детекторы фотонов. Фотоэмиссионные устройства.</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.

Б. Дополнительная литература

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

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

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

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

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

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

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- учебный портал Moodle РХТУ им. Д.И. Менделеева (или другие LMS);
- сервисы по доставки e-mail сообщений.

Для проведения промежуточной аттестации могут использоваться такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 22.05.2019 составляет 1 708 372 экз.

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

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

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

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

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.

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

11.5 Перечень лицензионного программного обеспечения:

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

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath 		правом перехода на обновлённую версию продукта)		
5.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Теоретические основы светорассеяния	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теоретические основы статического и динамического рассеивания света; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формулировать технические требования к объектам исследования; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с применением лазерной дифракции для анализа наноматериалов. 	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</p> <p>Оценка на экзамене.</p>
Раздел 2. Динамическое и статическое рассеивание света	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теоретические основы статического и динамического рассеивания света; - устройство и принцип работы лазерных анализаторов размера частиц; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать изображения и данные, полученные методом динамического рассеяния света; - формулировать технические требования к объектам исследования; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с применением лазерной дифракции для анализа наноматериалов. 	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка на экзамене.</p>
Раздел 3. Лазерные анализаторы. Схемы установок	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать изображения и данные, полученные методом динамического рассеяния света; - формулировать технические требования к объектам исследования; <p>Владеет :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. 	<p>Оценка за контрольную работу № 3.</p> <p>Оценка за лабораторную работу</p> <p>Оценка за реферат по всем разделам.</p> <p>Оценка на экзамене.</p>

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

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

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

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

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

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

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Процессы на поверхности раздела фаз»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена проф. кафедры наноматериалов и нанотехнологии, проф., д.х.н.
Королёвой М.Ю.

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

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 **«Процессы на поверхности раздела фаз»** относится к вариативной части учебного плана, к блоку обязательных дисциплин. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую подготовку в области физической химии, в том числе в области физикохимии наноматериалов.

Цель дисциплины - формирование современных физико-химических представлений о приемах и методах, применяемых при изучении и использовании наноструктурированных систем и систем, содержащих нанообъекты, формирование у студентов комплексного представления о процессах, протекающих на границе раздела фаз в наносистемах.

Задачи дисциплины - формирование представлений о роли типа наноструктур, природы и морфологии наноматериалов на кинетику и квазиравновесие процессов, протекающих на межфазной поверхности; приобретение знаний в области физической и коллоидной химии наносистем, необходимых для синтеза и использования наноматериалов и низкоразмерных структур; формирование научного подхода к изучению свойств наноматериалов и наноструктур.

Дисциплина **«Процессы на поверхности раздела фаз»** преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
– Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвердых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения</p>	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p>

	<p>материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик;</p> <p>- Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами;</p> <p>- Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности;</p>			<p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – б)</p> <p>- Анализ опыта</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- теоретические основы кинетики процессов, протекающих на поверхности наночастиц и в системах с наночастицами;
- основные методы получения высокоустойчивых наносистем с высокой удельной межфазной поверхностью;
- закономерности влияния свойств межфазной поверхности на кинетику и квазиравновесие процессов, протекающих в наносистемах.

Уметь:

- анализировать влияние процессов, протекающих на межфазной поверхности в наносистемах, на их устойчивость;
- рассчитывать параметры, влияющие на устойчивость дисперсий наночастиц, и скорости процессов дестабилизации;
- находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи прогнозирования свойств нанообъектов с учетом параметров межфазной поверхности;
- применяя теоретические знания, определять эффективные пути стабилизации наночастиц и наноматериалов.

Владеть:

- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим аспектам процессов, протекающих на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов;
- основными методами стабилизации наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры;
- основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по процессам, протекающим на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	6	216	162
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	12,5
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,5
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	4,31	155	116,5
Контактная самостоятельная работа	3,31	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		155	116,5
Экзамен	0,75	27	20,5
Контактная работа – промежуточная аттестация	0,75	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		26,6	20,2
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Раздел	Раздел дисциплины	Академ. часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1	Термодинамика и кинетика процессов на поверхности наночастиц и в системах с наночастицами	115	2	13	13	2	89
1.1	Введение в термодинамику наносистем. Термодинамические характеристики поверхности. Поверхностная энергия, поверхностное натяжение. Структура поверхностного слоя.	13	-	1	2	-	10
1.2	Термодинамическая и кинетическая устойчивость наносистем. Способы стабилизации наночастиц.	11	-	1	-	-	10
1.3	Адсорбция в наносистемах	16	-	2	2	-	12
1.4	Образование и строение двойного электрического слоя на поверхности наночастиц. Электростатическая стабилизация наночастиц и нанобъектов	14	-	1	1	-	12
1.5	Агрегативная устойчивость наносистем. Классическая теория ДЛФО и современные представления об агрегативной устойчивости.	21	-	2	4	-	15
1.6	Кинетика агрегации наночастиц	14	-	2	2	-	10
1.7	Броуновское движение наночастиц	12	-	2	-	-	10
1.8	Седиментация в системах, содержащих нанобъекты. Седиментационная устойчивость наносистем.	14	2	2	2	2	10
2	Оптические наночастиц, реологические свойства наноматериалов, наноструктурированных систем	74	2	4	4	2	66
2.1	Оптические свойства различных наночастиц и наноматериалов	40	-	2	2	-	36
2.2	Реологические свойства наноматериалов, наноструктурированных систем и систем, содержащих наночастицы.	34	2	2	2	2	30
	Экзамен	27					
	Всего часов	216		17	17		155

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Термодинамика и кинетика процессов на поверхности наночастиц и в системах с наночастицами

1.1. Введение в термодинамику наносистем. Термодинамические характеристики поверхности. Поверхностная энергия, поверхностное натяжение. Квазиравновесие в дисперсных системах с наночастицами и наноструктурированных системах. Зависимость поверхностного натяжения от размеров наночастиц. Структура поверхностного слоя.

1.2. Термодинамическая и кинетическая устойчивость наносистем. Самопроизвольное уменьшение поверхностной энергии наносистем. Способы стабилизации наночастиц.

1.3. Адсорбция в наносистемах. Влияние избытка поверхностной энергии на адсорбцию. Повышенная адсорбционная активность наночастиц. Изменение свойств поверхности наночастиц в результате адсорбции.

1.4. Образование и строение двойного электрического слоя на поверхности наночастиц. Особенности структуры двойного электрического слоя с учетом дискретности кристаллической поверхности наночастиц. Расчет толщины двойного электрического слоя при различных ионных силах водной фазы и сопоставление полученных величин с размерами наночастиц. Электростатическая стабилизация наночастиц и нанообъектов.

1.5. Агрегативная устойчивость наносистем. Классическая теория ДЛФО и современные представления об агрегативной устойчивости. Расчет энергии межмолекулярного взаимодействия в зависимости для наночастиц различного размера в зависимости от расстояния между ними. Снижение энергии межмолекулярного взаимодействия с уменьшением размеров наночастиц. Построение кривых парного взаимодействия в зависимости от размеров наночастиц, ионной силы и величины Гамакера.

1.6. Кинетика агрегации наночастиц. Теория Смолуховского. Расчеты изменения концентраций мономеров, димеров и тримеров от времени. Отличия быстрой и медленной агрегации, влияние величины потенциального барьера на скорость агрегации.

Броуновское движение наночастиц. Зависимость броуновского движения от свойств наночастиц и дисперсионной среды.

1.7. Седиментация в системах, содержащих нанообъекты. Седиментационная устойчивость наносистем. Седиментационно-диффузионное равновесие в системах, содержащих наночастицы. Седиментационно-агрегативные профили в системах с наночастицами - способы экспериментального исследования. Определение размеров частиц при седиментации в гравитационном и центробежных полях. Ультрацентрифуги.

Раздел 2. Оптические наночастиц, реологические свойства наноматериалов, наноструктурированных систем

2.1. Оптические свойства различных наночастиц и наноматериалов. Оптические свойства в зависимости от размера наночастиц. Особенности применения законов Ламберта-Бугера-Бера и Релея в дисперсных системах с наночастицами. Оптические методы исследования наночастиц.

2.2. Структурно-механические свойства наноматериалов, наноструктурированных систем и систем, содержащих наночастицы. Свободнодисперсные и связнодисперсные наносистемы. Особенности наноструктурированных дисперсных систем.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетенции	Разделы	
	1	2
Знать:		
Теоретические основы кинетики процессов, протекающих на поверхности наночастиц и в системах с наночастицами	+	+
Основные методы получения высокоустойчивых наносистем с высокой удельной межфазной поверхностью	+	+
Закономерности влияния свойств межфазной поверхности на кинетику и квазиравновесие процессов, протекающих в наносистемах	+	+
Уметь:	+	+
Анализировать влияние процессов, протекающих на межфазной поверхности в наносистемах, на их устойчивость	+	+
Рассчитывать параметры, влияющие на устойчивость дисперсий наночастиц, и скорости процессов дестабилизации	+	+
Находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи прогнозирования свойств нанообъектов с учетом параметров межфазной поверхности	+	+
Применяя теоретические знания, определять эффективные пути стабилизации наночастиц и наноматериалов	+	+
Владеть:		
Методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим аспектам процессов, протекающих на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов	+	+
Основными методами стабилизации наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры	+	+
Основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по процессам, протекающим на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов	+	+
Профессиональные компетенции (ПК) и индикаторы их достижения:	+	+

ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки 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 энергии Гиббса и полной поверхностной энергии наночапель	2
2	Раздел 1	Построение изотерм адсорбции ПАВ по экспериментальным данным, определение величин констант в уравнении Ленгмюра	3
3	Раздел 1	Расчеты электрофоретической подвижности и ζ -потенциала наночастиц	2
4	Раздел 1	Построение кривых парного взаимодействия наночастиц. Анализ влияния размеров наночастиц, ионной силы дисперсионной среды и величины константы Гамакера на высоту и положение экстремумов на кривых парного взаимодействия	2
5	Раздел 1	Расчеты концентрационных профилей при агрегации наночастиц	2
6	Раздел 1	Расчеты седиментационных характеристик наночастиц в гравитационном и центробежном полях	2
7	Раздел 2	Расчеты оптических характеристик дисперсий наночастиц	2
8	Раздел 2	Расчеты седиментационных характеристик наночастиц при сдвиговой нагрузке	2

6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки магистров по направлению 18.04.01 проведение лабораторных занятий по дисциплине «Процессы на поверхности раздела фаз» не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- выполнение расчетной работы по построению кривых парного взаимодействия для конкретного вида наночастиц в зависимости от размера, ионной силы дисперсионной среды и величины константы Гамакера;
- подготовку к контрольным работам по материалу лекционного курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Web of Science и Scopus;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в научных семинарах, проводимых на кафедре наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- подготовку к сдаче экзамена по курсу.

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Каждая контрольная работа представляет собой набор тестовых вопросов по двум разделам.

Максимальная оценка за каждую контрольную работу - 20 баллов.

Контрольная работа № 1, Разделы 1 и 2

В контрольной работе содержится 20 вопросов-тестов с 4 вариантами ответов.

За каждый правильный ответ обучающийся получает 1 балл, неправильный ответ - 0 баллов. Максимальная оценка - 20 баллов.

1. При каких размерах и плотности наночастицы оседают в водной суспензии центробежном поле?
2. При каких размерах и плотности наночастицы оседают в водной суспензии в гравитационном поле?
3. При каких условиях наступает седиментационно-диффузионное равновесие в суспензии наночастиц?
4. Уравнением какого порядка может быть описана скорость агрегации наночастиц по Смолуховскому?
5. Может ли на потенциальных кривых взаимодействия двух наночастиц отсутствовать максимум?
6. Как зависит среднее смещение наночастиц при броуновском движении от размера наночастиц?
7. Как зависит среднее смещение наночастиц при броуновском движении от вязкости дисперсионной среды?
8. При каких условиях применим закон Релея?
9. Чем отличается расчет константы скорости быстрой и медленной агрегации наночастиц?
10. Чему равен заряд наночастиц в изoeлектрической точке?

Контрольная работа № 2, Разделы 1 и 2

В контрольной работе содержится 4 задачи. За каждую правильно решенную задачу обучающийся получает 5 баллов. За неправильно решенную задачу - 0 баллов. Максимальная оценка - 20 баллов.

1. Во сколько раз увеличится свободная поверхностная энергия системы при пептизации геля $\text{Fe}(\text{OH})_3$, если при этом радиус частиц геля уменьшится от $1 \cdot 10^{-6}$ до $10 \cdot 10^{-9}$ м?
2. Найдите величину электрокинетического потенциала для суспензии кварца в воде, если при электрофорезе частицы перемещаются к аноду. Смещение границы за

30 мин составило 5 см. Напряженность электрического поля - 1000 В/м. Диэлектрическая проницаемость среды - 81, вязкость среды - $1 \cdot 10^{-3}$ Н·с/м².

- В каком случае и во сколько раз интенсивность светорассеяния латекса полистирола будет больше: при освещении светом с длиной волны 530 нм или с длиной волны 680 нм?

Расчетная работа № 1, Разделы 1 и 2

Максимальная оценка - 20 баллов.

Обучающийся проводит расчет и построение кривых парного взаимодействия для конкретного вида наночастиц в зависимости от их размера, ионной силы дисперсионной среды и величины константы Гамакера. Проводится определение положения и высоты потенциального барьера, наличия вторичного минимума. Полученные результаты анализируются и делается вывод об устойчивости данных наночастиц.

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Экзамен)

В данном разделе приведены примеры вопросов для итогового контроля освоения дисциплины:

- Термодинамические характеристики поверхности. Поверхностная энергия, поверхностное натяжение. Структура поверхностного слоя.
- Термодинамическая и кинетическая устойчивость наносистем. Способы стабилизации наночастиц.
- Адсорбция в наносистемах.
- Образование и строение двойного электрического слоя на поверхности наночастиц.
- Кинетика агрегации наночастиц.
- Классическая теория ДЛФО и современные представления об агрегативной устойчивости.
- Броуновское движение наночастиц.
- Седиментация в гравитационном и центробежном полях. Седиментационная устойчивость наносистем.
- Оптические свойства наночастиц и наноматериалов.
- Реологические свойства наноматериалов и наноструктурированных систем.

8.3. Структура и пример экзаменационных билетов

Экзамен по дисциплине «Процессы на поверхности раздела фаз» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 1 вопроса по теоретической части курса и 1 задачи, относящихся к разным разделам курса. Вопрос билета предусматривает развернутый ответ обучающегося по обозначенной тематике. Ответы на экзаменационный билет оцениваются из 40 баллов следующим образом: вопрос - 15 баллов, задача - 25 баллов.

Пример экзаменационного билета:

<p>«Утверждаю» Руководитель магистерской программы</p> <p>_____ (Подпись) _____ (И. О. Фамилия)</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	18.04.01 «Химическая технология» Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология наноматериалов»

	Процессы на поверхности раздела фаз
Экзаменационный билет № 1	
<p>1. Термодинамические характеристики поверхности. Поверхностная энергия, поверхностное натяжение. Структура поверхностного слоя.</p> <p>2. Рассчитайте и сравните время оседания частиц в гравитационном и центробежном полях при следующих условиях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • радиус частиц - 100 нм, • плотность частиц - 3 г/см³, • дисперсионная среда - вода, • вязкость дисперсионной среды - 10⁻³ Па•с, • высота оседания - 10 см, • начальное расстояние от оси вращения $x_0 = 15$ см, • скорость вращения центрифуги 600 об/с. 	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности, ИД Интеллект, 2011 г., 568 с. 70 экз.

Б. Дополнительная литература

1. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. Учебно-методический комплекс, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010, Т. 1, 124 с.; Т. 2, 148 с.
2. Рыжонков Д.И., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы. Учебное пособие. Москва : Лаборатория знаний, 2017, 365 с. - 5 экз.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

1. Реферативный журнал «Химия» (РЖХ), ISSN 0486-2325
2. Коллоидный журнал, ISSN 0023-2912
3. Advances in Colloid and Interface Science, ISSN: 0001-8686
4. Journal of Colloid and Interface Science, ISSN: 0021-9797
5. Langmuir, ISSN: 1520-5827
6. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, ISSN: 0927-7757
7. Ресурсы ELSEVIER: <https://www.sciencedirect.com>
8. Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org/>
9. Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
10. Ресурсы RCS: <http://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=all>
11. Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>
12. Сайт кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева <http://nano.muctr.ru/>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для обеспечения освоения дисциплины разработаны следующие средства освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров - 9, (общее число слайдов – более 150; число демонстрационных фильмов – 2);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов - более 60);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 40).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

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

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

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

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

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

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Процессы на поверхности раздела фаз» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

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

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

11.2. Учебно-наглядные пособия

Иллюстрации к разделам курса; распечатки слайдов презентаций.

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

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

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

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none">• 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
<p>Раздел 1. Термодинамика и кинетика процессов на поверхности наночастиц и в системах с наночастицами</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • теоретические основы кинетики процессов, протекающих на поверхности наночастиц и в системах с наночастицами; • основные методы получения высокоустойчивых наносистем с высокой удельной межфазной поверхностью; • закономерности влияния свойств межфазной поверхности на кинетику и квазиравновесие процессов, протекающих в наносистемах. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализировать влияние процессов, протекающих на межфазной поверхности в наносистемах, на их устойчивость; • рассчитывать параметры, влияющие на устойчивость дисперсий наночастиц, и скорости процессов дестабилизации; • находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи прогнозированию свойств нанообъектов с учетом параметров межфазной поверхности; • применяя теоретические знания, определять эффективные пути стабилизации наночастиц и наноматериалов. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим аспектам процессов, протекающих на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов; – основными методами стабилизации наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры; – основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по процессам, протекающим на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов. 	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</p> <p>Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка за расчетную работу № 1.</p> <p>Оценка на экзамене.</p>
<p>Раздел 2. Оптические наночастиц,</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • теоретические основы кинетики процессов, протекающих на поверхности 	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>реологические свойства наноматериалов, наноструктурированных систем</p>	<p>наночастиц и в системах с наночастицами;</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные методы получения высокоустойчивых наносистем с высокой удельной межфазной поверхностью; • закономерности влияния свойств межфазной поверхности на кинетику и квазиравновесие процессов, протекающих в наносистемах. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализировать влияние процессов, протекающих на межфазной поверхности в наносистемах, на их устойчивость; • рассчитывать параметры, влияющие на устойчивость дисперсий наночастиц, и скорости процессов дестабилизации; • находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи прогнозирования свойств нанообъектов с учетом параметров межфазной поверхности; • применяя теоретические знания, определять эффективные пути стабилизации наночастиц и наноматериалов. <p>Владет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим аспектам процессов, протекающих на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов; – основными методами стабилизации наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры; – основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по процессам, протекающим на межфазной поверхности наночастиц и наноматериалов. 	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка на экзамене.</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).

**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 в жидких средах»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена проф. кафедры наноматериалов и нанотехнологии, проф., д.х.н.
Королёвой М.Ю.

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

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 в жидких средах»** относится к блоку обязательных дисциплин части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области синтеза материалов различной природы, в том числе в области физикохимии наноматериалов.

Цель дисциплины - приобретение обучающимися знаний и компетенций в области синтеза наночастиц и наноматериалов жидкофазными методами.

Задачи дисциплины - формирование у обучающихся системных глубоких знаний в области химических, физических и биологических методов синтеза наночастиц и наноматериалов, понимания общих закономерностей получения таких материалов; выработка на этой основе системного подхода к постановке, выполнению научных исследований в указанной области, способности анализировать и критически оценивать получаемые результаты, предлагать пути решения поставленных задач и находить среди них оптимальный.

Дисциплина **«Синтез наночастиц в жидких средах»** преподается во 2 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвердых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения</p>	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	<p>ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов</p> <p>ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов</p> <p>ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – 6)</p> <p>- Анализ опыта</p>

	<p>материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик;</p> <p>- Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами;</p> <p>- Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и жизнедеятельности</p>			
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- классификацию наночастиц и наноматериалов, основанную на мерности объектов, способах получения, свойствах среды проведения синтеза;
- теоретические основы процессов кристаллизации в жидких средах, основные факторы, влияющие на образование зародышей кристаллизации и скорость роста наночастиц;
- закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах и на границе раздела фаз;
- закономерности совокупности условий проведения синтеза и особенностей химических, физических и биологических процессов, приводящих к получению наночастиц и наноматериалов;
- алгоритмы прогнозирования дисперсности и структуры наночастиц и наноматериалов.

Уметь:

- формулировать требования к материалам и определять эффективные пути синтеза наночастиц и наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения;
- находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи по созданию наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава;
- применять теоретические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.

Владеть:

- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов;
- основными методами синтеза наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры;
- основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по синтезу наночастиц и наноматериалов жидкофазными методами;
- способностью и готовностью к разработке новых методов синтеза наночастиц и наноматериалов и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,41	51	38
в том числе в форме практической подготовки	0,47	17	13
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	13
Лабораторные работы (ЛР)	0,47	17	13
в том числе в форме практической подготовки	0,47	17	13
Самостоятельная работа	2,59	93	70
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,7
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	Сам. работа
1	Основы процесса кристаллизации в жидких средах	10	-	1	-	-	1	8
1.1	Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование	5	-	0,5	-	-	0,5	4
1.2	Основные теории роста кристаллов	5	-	0,5	-	-	0,5	4
2	Синтез наночастиц методами осаждения	52	11	6	11	11	6	29
2.1	Синтез наночастиц благородных металлов	20	6	2	6	6	2	10
2.2	Синтез полупроводниковых наночастиц	15	5	1	5	5	1	8
2.3	Синтез магнитных наночастиц	7	-	1	-	-	1	5
2.4	Синтез наночастиц со структурой ядро-оболочка, многослойных структур	10	-	2	-	-	2	6
3	Аппаратные методы синтеза наночастиц	82	6	10	6	6	10	56

	и наноматериалов							
3.1	Золь-гель метод получения наночастиц, пористых материалов, аэрогелей	12	-	2	-	-	2	8
3.2	Синтез наночастиц и наноматериалов в сверхкритических жидкостях	12	-	2	-	-	2	8
3.3	Синтез наночастиц при воздействии излучений: микроволнового, ультразвукового, УФ, рентгеновского, радиоактивного	8	-	1	-	-	1	6
3.4	Синтез наночастиц в пламени и криохимические методы синтеза	8	-	1	-	-	1	6
3.5	Электрохимические методы получения наноматериалов	8	-	1	-	-	1	6
3.6	Матричный синтез наночастиц и наноматериалов	18	6	1	6	6	1	10
3.7	Биологические методы синтеза наночастиц и наноматериалов	8	-	1	-	-	1	6
3.8	Получение наноматериалов при самоорганизации наночастиц. Биомиметические наноматериалы.	8	-	1	-	-	1	6
	Всего часов	144	17	17	17	17	17	93

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основы процесса кристаллизации в жидких средах

1.1. Введение. Варианты классификации методов получения наночастиц и наноматериалов. Физические, химические, биологические и комбинированные методы. Особенности получения нуль- одно-, дву- и трехмерных наноматериалов.

1.2. Стадии процесса кристаллизации - образование центров нуклеации, рост наночастиц. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Критический зародыш.

1.3. Основные теории роста кристаллов. Влияние различных параметров системы на скорость зародышеобразования и кинетику роста нанокристаллов. Способы замедления роста для синтеза наночастиц контролируемого размера.

1.5. Роль процессов Оствальдова созревания и агрегации нанокристаллов в процессах синтеза наночастиц в жидких средах. Стабилизация наночастиц в растворах - электростатическая, адсорбционная, хемосорбционная, стерическая.

1.5. Кристаллизация при пересыщении и переохлаждении. Способы кристаллизации.

Раздел 2. Синтез наночастиц методами осаждения

2.1. Основные химические реакции, приводящие к синтезу наночастиц в жидких средах и их контролируемому выделению из растворов.

2.2. Получение наночастиц золота - метод Туркевича и метод Браста. Синтез наночастиц серебра, платины, палладия и других благородных металлов. Получение наночастиц несферической формы. Синтез наностержней металлов - роль зародышей кристаллизации и добавок ПАВ. Механизм роста наностержней металлов в жидких средах. Особенности синтеза наночастиц металлов в форме кубов, призм, двадцати-гранников и др.

2.3. Синтез магнитных наночастиц в полярных и неполярных средах. Стабилизация наночастиц и получение магнитных жидкостей.

2.4. Основные способы синтеза полупроводниковых наночастиц - контролируемого осаждения, построения кластеров, молекулярных прекурсоров. Основные факторы, влияющие на размер синтезируемых наночастиц полупроводников. Кинетический контроль роста наночастиц полупроводников. Синтез анизотропных наночастиц полупроводников - наностержней, разветвленных структур.

2.5. Применение методов осаждения для синтеза наночастиц, состоящих из сплава металлов, со структурой ядро-оболочка, многослойных структур. Синтез наночастиц оксида кремния и нанокомпозитов - многослойных структур, состоящих из металлов, магнитных материалов или полупроводников и оксида кремния.

Раздел 3. Аппаратные методы синтеза наночастиц и наноматериалов

3.1. Золь-гель метод

Основные стадии процесса. Особенности гидролиза и поликонденсации в щелочной и кислой среде. Гелеобразование и синерезис. Удаление растворителя - образование ксерогелей и аэрогелей. Влияние состава реакционной среды и условий протекания процесса на морфологию синтезируемого наноматериала. Получение золь-гель методом наноматериалов на основе оксидов кремния и титана. Синтез золь-гель методом нанокомпозитов типа "неорганика-неорганика" и "органика-неорганика".

3.2. Синтез наночастиц в сверхкритических жидкостях

Классификация методов синтеза наночастиц и наноматериалов в сверхкритических жидкостях. Роль сверхкритической жидкости при синтезе - растворитель, соразтворитель, анти-растворитель, растворенное вещество, реакционная среда. Схемы основных методов. Использование сверхкритической воды и диоксида углерода для получения наночастиц. Варианты гидро- и сольвотермального синтеза - получение наночастиц при протекании физических и химических процессов. Основные параметры, влияющие на морфологию синтезируемых наноматериалов. Периодический и непрерывный способы организации гидро- и сольвотермального синтеза. Виды автоклавов, используемых для синтеза наночастиц.

Гидро- и сольвотермальный синтез наночастиц металлов, оксидов металлов, полупроводников.

Гидротермальный синтез наночастиц цеолитов и цеолитов с нанопористой структурой.

3.3. Синтез наночастиц при физическом воздействии на реакционную среду

Особенности синтеза наночастиц при микроволновом нагреве. Гидротермальный синтез с микроволновым нагревом.

Синтез наночастиц при воздействии ультрафиолетового, рентгеновского и радиоактивного излучения.

Механизм синтеза наночастиц при действии различных видов излучения.

Ультразвуковое воздействие. Синтез наночастиц с аморфной и нанокристаллической структурой.

3.4. Образование наночастиц при распылении растворов в пламени (мокрое сжигание)

Выпаривание и пиролиз аэрозоля. Влияние состава исходного раствора и технологических параметров процесса на размер и морфологию синтезируемых наночастиц. Способы распыления жидкости. Агломерация наночастиц и получение нанопористых материалов.

3.5. Криохимический метод синтеза наночастиц

Основные стадии процесса. Способы замораживания и удаления растворителя. Используемые хладагенты.

3.6. Электрохимический метод получения наноматериалов

Катодные и анодные процессы, приводящие к синтезу наноматериалов. Получение наноструктурированных покрытий. Электроосаждение наночастиц. Формирование композитных покрытий, состоящих из металла и осажденных наночастиц. Образование нанопористых материалов. Синтез нановолокон в пористых материалах.

3.7. Матричный (темплатный) синтез наночастиц и наноматериалов

Синтез наночастиц в сферических и несферических мицеллах, микроэмульсиях. Основные факторы, влияющие на размер и форму, синтезируемых наночастиц. Синтез наночастиц в микроэмульсиях в сверхкритическом оксиде углерода.

Использование гексагональных и кубических жидкокристаллических фаз в качестве матрицы для синтеза наноматериалов.

Получение мезопористых силикатов.

Синтез нанокомпозитов наночастица-дендимер. Особенности строения дендимеров и способов формирования нанокомпозитов в зависимости от уровня генерации дендимера.

3.8. Биологические методы синтеза наночастиц

Внутриклеточный синтез наночастиц. Магнетобактерии, магнетосомы. Синтез наночастиц с использованием ферритина. Внеклеточный синтез наночастиц, формирование пористых иерархических структур.

3.9. Получение наноматериалов при самоорганизации наночастиц

Самоорганизация под действием капиллярных, гравитационной и центробежной сил, действию электрического и магнитного поля. Матричная самоорганизация. Формирование плоских и объемных структур. Формирование сверхрешеток, упорядоченных ансамблей бинарных наночастиц. Биомиметические наноматериалы.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетенции	Разделы		
	1	2	3
Знать:			
Классификацию наночастиц и наноматериалов, основанную на мерности объектов, способах получения, свойствах среды проведения синтеза	+		
Теоретические основы процессов кристаллизации в жидких средах, основные факторы, влияющие на образование зародышей кристаллизации и скорость роста наночастиц	+		
Закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах и на границе раздела фаз	+	+	+
Закономерности совокупности условий проведения синтеза и особенностей химических, физических и биологических процессов, приводящих к получению наночастиц и наноматериалов	+	+	+
Алгоритмы прогнозирования дисперсности и структуры наночастиц и наноматериалов	+	+	+
Уметь:			
Формулировать требования к материалам и определять эффективные пути синтеза наночастиц и наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения		+	+
Находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи по созданию наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава	+	+	+
Применять теоретические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях	+	+	+
Владеть:			
Методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов	+	+	+
Основными методами синтеза наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры		+	+
Основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по синтезу наночастиц и наноматериалов жидкофазными методами	+	+	+
Способностью и готовностью к разработке новых методов синтеза наночастиц и наноматериалов и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности	+	+	+

Компетенции		Разделы		
		1	2	3
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
Профессиональные компетенции (ПК) и индикаторы их достижения:				
ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов	+	+	+
	ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов	+	+	+
	ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Расчет размеров и скорости образования критического зародыша; анализ влияния параметров системы на скорость зародышеобразования и кинетику роста нанокристаллов	1
2	Раздел 2	Выбор и обоснование способа синтеза наночастиц благородных металлов	2
3	Раздел 2	Выбор и обоснование способа синтеза полупроводниковых наночастиц	2
4	Раздел 2	Выбор и обоснование способа синтеза магнитных наночастиц	2
5	Раздел 3	Анализ влияния различных параметров на синтез наночастиц и наноматериалов золь-гель методом	2
6	Раздел 3	Анализ влияния различных параметров на морфологию и дисперсность наночастиц и наноматериалов, синтезируемых в сверхкритических условиях	2
7	Раздел 3	Анализ влияния различных параметров на синтез наночастиц криохимическим методом, выбор оптимального способа удаления растворителя	2
8	Раздел 3	Анализ влияния различных параметров на синтез наночастиц электрохимическими методами	2
9	Раздел 3	Анализ влияния различных параметров на матричный наночастиц и наноматериалов, определение параметров и структуры темплата	2

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные работы охватывают 2 раздела дисциплины. В практикум входит 3 работы, примерно по 5-6 ч на каждую работу. В зависимости от трудоемкости включенных в практикум работ их число может быть уменьшено. Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Синтез наночастиц в жидких средах*», а также способствует приобретению навыков применения теоретических знаний в практической работе

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

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	Раздел 2	Получение наночастиц золота методом Туркевича	6
2	Раздел 2	Синтез наночастиц сульфида кадмия в водной среде и их стабилизация неионогенными ПАВ	5
3	Раздел 3	Синтез квантовых точек сульфида кадмия в обратной микроэмульсии	5

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «*Синтез наночастиц в жидких средах*» предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 93 ч во 2 семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- оформление отчетов по проделанным лабораторным работам;
- подготовку к контрольным работам по материалу лекционного курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Web of Science и Scopus;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в научных семинарах, проводимых на кафедре наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой по курсу.

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Первая контрольная работа представляет собой набор тестовых вопросов по первым двум разделам. Вторая контрольная работа содержит вопросы по третьему разделу дисциплины.

Максимальная оценка за контрольную работу № 1 - 20 баллов,
за контрольную работу № 2 - 25 баллов.

Контрольная работа № 1. Разделы 1 и 2

В контрольной работе содержится 20 вопросов-тестов с 4 вариантами ответов.

За каждый правильный ответ обучающийся получает 1 балл, неправильный ответ - 0 баллов.

Максимальная оценка - 20 баллов.

1. Пока зародыш не достиг критического размера, как изменяется ΔG с его ростом?
2. Как дефекты упаковки и примеси при анизотропной кристаллизации влияют на величину потенциального барьера образования центров кристаллизации?
3. Как изменяется скорость образования центров кристаллизации при увеличении температуры?
4. Что используется в методе Туркевича в качестве прекурсора золота?
5. Что используется в качестве восстановителя в метода Брасте для синтеза наночастиц золота?

6. Какое соединение используется в качестве молекулярного прекурсора Cd при синтезе полупроводниковых наночастиц по методу молекулярных прекурсоров?
7. Необходимо ли присутствие ПАВ при синтезе полупроводниковых наночастиц по методу молекулярных прекурсоров?
8. При каких концентрациях образуются анизотропные формы при синтезе полупроводниковых наночастиц по методу молекулярных прекурсоров?
9. В какой среде образуются более мелкие магнитные наночастицы?
10. Надо ли проводить функционализацию поверхности частиц SiO_2 , чтобы получить оболочку из золота?

Контрольная работа № 2. Раздел 3

В контрольной работе содержится 25 вопросов-тестов с 4 вариантами ответов.

За каждый правильный ответ обучающийся получает 1 балл, неправильный ответ - 0 баллов.

Максимальная оценка - 25 баллов.

1. В какой сверхкритической среде наиболее часто синтезируют наночастицы?
2. Какая должна быть температура при синтезе наночастиц пиролизом "солевого аэрозоля"?
3. С какой целью при криохимическом синтезе наночастиц проводят криоэкстрагирование?
4. С какой целью при криохимическом синтезе наночастиц проводят криоосаждение?
5. Как называется материал, образующийся при экстракции растворителя в сверхкритических условиях при синтезе золь-гель методом?
6. Основной недостаток синтеза наночастиц при микроволновом нагреве?
7. С какой целью при синтезе металлических наночастиц при воздействии γ -излучения в реакционную среду добавляют короткоцепочечные спирты?
8. Можно ли методом электроосаждения получать композитное покрытие, содержащее наночастицы?
9. Получают ли мезопористые силикаты при матричном синтезе в структуре, образованной ПАВ?
10. Можно ли получить упорядоченные ансамбли из бинарных смесей наночастиц?

8.2. Оценка лабораторных работ

Сдача лабораторной работы заключается в устном объяснении полученных результатов, их взаимосвязи с размерами синтезированных наночастиц. Максимальная оценка за каждую лабораторную работу - 3 балла.

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

Это является контрольной точкой № 3. Максимальная оценка - 15 баллов.

1. Как называется метод, по которому проводился синтез наночастиц золота проделанной лабораторной работе?
2. Что использовалось в качестве стабилизатора образующихся наночастиц сульфида кадмия?
3. В какой структуре, образованной молекулами ПАВ, можно проводить синтез сферических наночастиц металлов.

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

В билетах содержится два вопроса из приведенного ниже списка вопросов. За развернутый ответ на каждый вопрос обучающийся получает до 20 баллов.

Максимальная оценка - 40 баллов.

1. Способы получения наночастиц благородных металлов.
2. Способы получения полупроводниковых наночастиц.
3. Способы получения магнитных наночастиц, виды и способы получения магнитных жидкостей.
4. Синтез наночастиц, состоящих из сплава, и наночастиц со структурой ядро-оболочка. Многослойные наночастицы.
5. Золь-гель метод синтеза наночастиц и наноматериалов.
6. Разновидности гидро- и сольвотермального способов синтеза наночастиц и наноматериалов. Роль критической жидкости.
7. Получение наночастиц и наноматериалов при действии ультрафиолетового и радиоактивного излучения.
8. Синтез наночастиц при ультразвуковом воздействии и микроволновом нагреве.
9. Синтез наночастиц при пиролизе аэрозоля. Пиролиз "солевого аэрозоля".
10. Криохимический метод синтеза наночастиц.
11. Электрохимический метод получения наноматериалов, катодные и анодные процессы.
12. Синтез наночастиц в обратных мицеллах и микроэмульсии.
13. Биологические методы синтеза наночастиц и наноматериалов.
14. Способы самоорганизации наночастиц. Сверхрешетки.

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Зачет с оценкой по дисциплине «Синтез наночастиц» проводится во 2 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3 учебной программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачета с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 20 баллов, второй – 20 баллов.

Пример билета для зачета с оценкой:

<p>«Утверждаю» Руководитель магистерской программы</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	18.04.01 «Химическая технология» Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология наноматериалов»
	Синтез наночастиц в жидких средах
Билет № 1	

1. Способы получения наночастиц благородных металлов.
2. Криохимический метод синтеза наночастиц.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Юртов Е.В., Королева М.Ю. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2010, 152 с.
2. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010, Т. 1, 124 с., Т. 2, 148 с.

Б. Дополнительная литература

1. Шабанова Н. А., Саркисов П.Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012, 328 с.
2. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы: учебное пособие, 2-е изд., М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 365 с.
3. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие, 2-е изд., М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 431 с.
4. Генералов М.Б. Основные процессы криохимической нанотехнологии. Теория и методы расчета: учебное пособие, СПб.: Профессия, 2010, 348 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

1. Реферативный журнал «Химия» (РЖХ), ISSN 0486-2325
2. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
3. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
4. Журнал «Коллоидный журнал», ISSN 0023-2912
5. Ресурсы ELSEVIER: <https://www.sciencedirect.com>
6. Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org/>
7. Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
8. Ресурсы RCS: <http://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=all>
9. Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>
10. Сайт кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева <http://nano.muctr.ru/>
11. Сайт Роснано <http://www.rusnano.com>
12. Сайт о нанотехнологиях в России <http://www.nanonewsnet.ru>

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 14, (общее число слайдов – более 700; число демонстрационных фильмов – 2);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов - более 60);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 40).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

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

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

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

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

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

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

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

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

Лаборатория кафедры, оснащенная лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, химической посудой, реактивами, необходимым общелабораторным оборудованием (весы аналитические, сушильные шкафы, колбонагреватели, термостаты, печи муфельные, центрифуги, магнитные мешалки, ультразвуковые гомогенизаторы, рН-метры, кондуктометры) и специализированным оборудованием для разработки, синтеза и исследования свойств наноматериалов и наноструктурированных систем, в том числе спектрофотометр в УФ и видимой области, анализатор размера и дзета-потенциала наночастиц, анализатор стабильности дисперсных систем. Кафедра наноматериалов и нанотехнологии этим оборудованием оснащена.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам курса; распечатки слайдов презентаций.

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензий
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath 	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензий

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Раздел 1. Основы процесса кристаллизации в жидких средах</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • классификацию наночастиц и наноматериалов, основанную на мерности объектов, способах получения, свойствах среды проведения синтеза; • теоретические основы процессов кристаллизации в жидких средах, основные факторы, влияющие на образование зародышей кристаллизации и скорость роста наночастиц; • закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах и на границе раздела фаз; • закономерности совокупности условий проведения синтеза и особенностей химических, физических и биологических процессов, приводящих к получению наночастиц и наноматериалов; • алгоритмы прогнозирования дисперсности и структуры наночастиц и наноматериалов. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи по созданию наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава; • применять теоретические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p>Владет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов; • основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по синтезу наночастиц и наноматериалов жидкофазными методами; • способностью и готовностью к разработке новых методов синтеза наночастиц и 	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</p> <p>Оценка на зачете с оценкой.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	наноматериалов и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности.	
<p>Раздел 2. Синтез наночастиц методами осаждения</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах и на границе раздела фаз; • закономерности совокупности условий проведения синтеза и особенностей химических, физических и биологических процессов, приводящих к получению наночастиц и наноматериалов; • алгоритмы прогнозирования дисперсности и структуры наночастиц и наноматериалов. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • формулировать требования к материалам и определять эффективные пути синтеза наночастиц и наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; • находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи по созданию наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава; • применять теоретические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов; • основными методами синтеза наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры; • основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по синтезу наночастиц и наноматериалов жидкофазными методами; • способностью и готовностью к разработке 	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</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
	новых методов синтеза наночастиц и наноматериалов и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности.	
Раздел 3. Аппаратные методы синтеза наночастиц и наноматериалов	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • закономерности протекающих процессов при синтезе наночастиц и наноматериалов в жидких фазах и на границе раздела фаз; • закономерности совокупности условий проведения синтеза и особенностей химических, физических и биологических процессов, приводящих к получению наночастиц и наноматериалов; • алгоритмы прогнозирования дисперсности и структуры наночастиц и наноматериалов. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • формулировать требования к материалам и определять эффективные пути синтеза наночастиц и наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; • находить и использовать литературные источники, базы данных и коммерческие программные продукты, и решать задачи по созданию наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и состава; • применять теоретические знания о способах синтеза наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам синтеза наночастиц и наноматериалов; • основными методами синтеза наночастиц и наноматериалов различной природы, дисперсности и структуры; • основными приемами нахождения и использования справочных литературных и компьютерных баз данных по синтезу наночастиц и наноматериалов 	<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
	жидкофазными методами; • способностью и готовностью к разработке новых методов синтеза наночастиц и наноматериалов и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности.	

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

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

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

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

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

**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

**«Современное технологическое и аппаратное оформление процессов
химической технологии»**

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

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

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС ВО) для направления подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 **«Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов химической технологии»** относится к блоку обязательных дисциплин учебного плана, части, определяемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области современного технологического и аппаратурного оформления физических и химических методов получения наноматериалов в газовой фазе.

Цель дисциплины приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области современного технологического и аппаратурного оформления физических и химических методов получения наноматериалов в газовой фазе, в том числе наночастиц, нанонитей и нанотрубок, пленок и покрытий, массивных наноструктурированных и микропористых материалов.

Задача 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 **«Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов химической технологии»** преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов химической технологии»** при подготовке магистров по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, магистерская программа – **«Химическая технология наноматериалов»** направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Инженерная и технологическая подготовка	ОПК-3. Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать	ОПК-3.1. Знает современные тенденции развития соответствующего направления химической промышленности ОПК-3.2. Знает технологические основы организации современных химических производств соответствующего профиля ОПК-3.3. Знает современные требования к аппаратурному оформлению основных процессов соответствующего направления химической промышленности

	оборудование и технологическую оснастку	<p>ОПК-3.4. Знает конструкцию современного технологического оборудования соответствующего профиля</p> <p>ОПК-3.5. Умеет составлять и анализировать современные технологические схемы основных процессов соответствующего профиля, а также их оптимизировать и наполнять передовым современным оборудованием</p> <p>ОПК-3.6. Умеет выбирать оборудование для конкретных технологических процессов с учётом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов</p> <p>ОПК-3.7. Умеет находить нестандартные решения задач технологического и аппаратурного оформления процессов химической технологии соответствующего профиля</p> <p>ОПК-3.8. Умеет квалифицированно оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов</p> <p>ОПК-3.9. Умеет применять в профессиональной деятельности современные технологии и оборудование</p> <p>ОПК-3.10. Владеет современными представлениями о передовых технологиях и оборудовании соответствующего направления химической промышленности</p> <p>ОПК-3.11. Владеет навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов соответствующего профиля</p>
--	---	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

технологические основы организации современных химических производств наноматериалов;
тенденции развития физических и химических методов получения наноматериалов в газовой фазе;
современные требования к аппаратурному оформлению основных процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;
конструкцию современного технологического оборудования для получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.

Уметь:

составлять и анализировать современные технологические схемы основных процессов получения наноматериалов в газовой фазе, а также их оптимизировать и наполнять передовым современным оборудованием;
выбирать оборудование для конкретных технологических процессов получения наноматериалов с учётом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов;
находить нестандартные решения задач технологического и аппаратурного оформления процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;
квалифицированно оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-

технологических процессов;
применять в профессиональной деятельности современные технологии и оборудование.

Владеть:

современными представлениями о передовых технологиях и оборудовании в области методов получения наноматериалов в газовой фазе.

навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,42	51	38,25
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,95	34	25,5
В том числе в форме практической подготовки	0,95	34	25,5
Самостоятельная работа	0,58	21	15,75
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0,58	21	15,75
Вид контроля:	Экзамен		
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лекции	Прак. зан.	Сам. работа
1	Раздел 1. Химическое производство	12	3	4	5
1.1	Химическое производство как система	4	1	1	2
1.2	1.2. Сырьевые ресурсы, вода и энергия в химическом производстве	4	1	2	1
1.3	Классификация процессов получения наночастиц и наноматериалов	4	1	1	2
2	Раздел 2. Технологическое и аппаратное оформление физических методов получения наноматериалов	17	3	11	3
2.1	Физические методы получения наночастиц	4	1	3	1
2.2	Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов	8	1	4	1
2.3	Получение пленок и покрытий физическими методами	6	1	4	1

3	Раздел 3. Технологическое и аппаратное оформление химических методов получения наноматериалов в газовой фазе	34	8	15	11
3.1	Типы прекурсоров, требования к прекурсорам и их синтез	6	1	3	2
3.2	Химические транспортные реакции	6	1	2	2
3.3	Процессы химического осаждения наноматериалов из газовой фазы, их разновидности	8	2	3	3
3.4	Процессы химического нанесения пленок и покрытий	7	2	3	2
3.5	Технологическое и аппаратное оформление CVD метода получения углеродных наноструктур	7	2	3	2
4	Раздел 4. Комбинированные и иные методы получения наноматериалов	9	3	4	2
4.1	Получение микропористых материалов	4	1	2	1
4.2.	Комбинированные методы	5	2	2	1
	Экзамен	36			
	Всего часов	108	17	34	21

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Химическое производство

1.1 Химическое производство как система. Общая структура химического производства. Основные подсистемы химического производства. Основные технологические компоненты химического производства. Виды химических реакторов. Показатели химического производства и химико-технологического процесса.

1.2. Сырьевые ресурсы, вода и энергия в химическом производстве.

Сырьевые ресурсы химического производства. Энергетические ресурсы химического производства. Вода в химическом производстве. Материальный и тепловой баланс химического производства.

1.3. Классификация процессов получения наночастиц и наноматериалов. Физические, химические, биологические и комбинированные методы. Особенности получения нуль- одно-, дву- и трехмерных наноматериалов.

Раздел 2. Технологическое и аппаратное оформление физических методов получения наноматериалов

2.1. Физические методы получения наночастиц. Возгонка-десублимация. Лазерная абляция. Диспергирование в электродуговом разряде. Механическое, ультразвуковое и детонационное измельчение. Метод взрывающихся проволок. Электроискровая эрозия. Плазменная сфероидизация частиц. Криогенные методы.

2.2. Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов. Интенсивная пластическая деформация. Направленная кристаллизация аморфных сплавов и стекол. Прессование и спекание (разновидности спекания).

2.3. Получение пленок и покрытий физическими методами. Капельный метод, метод спинингования. Метод погружения. Напыление (термическое, электронно-лучевое, магнетронное). Понятие об эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Литография и нанолитография.

Раздел 3. Технологическое и аппаратное оформление химических методов получения наноматериалов в газовой фазе

3.1. Типы прекурсоров, требования к прекурсорам и их синтез. Понятие прекурсора, возможные преимущества, требования к прекурсорам. Основные принципы – стадии подхода к выбору и дизайну прекурсоров – МОС с молекулярным строением. Типы прекурсоров, примеры реакций синтеза. Методы оценки стерических затруднений и

межмолекулярных контактов. Сравнительная оценка экранирующей способности основных типов лигандов. Парообразование бета-дикетонатов металлов. Лантаноиды. Особенности парообразования алкоксидов. Особенности парообразования циклопентадиенильных координационных соединений – прекурсоров. Галогениды, гидриды. Примеры использования для синтеза наноматериалов.

3.2. Химические транспортные реакции. Экспериментальные и теоретические основы метода. Процессы, определяющие скорость транспорта. Примеры транспортируемых веществ. Разделение и очистка веществ посредством транспортных реакций.

3.3. Процессы химического осаждения наноматериалов из газовой фазы, их разновидности. Стадии CVD процесса. Определение, схема процесса, основные параметры. Влияние газовой фазы на протекание процесса. Преимущества и недостатки метода. Классификация методов CVD. Функциональные элементы CVD установок. Область применения метода CVD. Получение наноматериалов при лазерном испарении атомов (абляции). Получение наночастиц путем термического разложения твердого вещества.

3.4. Процессы химического нанесения пленок и покрытий. Классификация методов нанесения неорганических покрытий. Холодное газодинамическое напыление. Электродуговая металлизация. Газопламенное напыление. Плазменное напыление. Детонационное напыление. Вакуумно – конденсационное напыление. Функциональные схемы процессов, основные параметры, достоинства и недостатки.

3.5. Технологическое и аппаратное оформление CVD метода получения углеродных наноструктур. Синтез фуллеренов на установках Смолли (схема и принцип действия). Установки Кречмера и Вудла для синтеза фуллеренов. Области применения фуллеренов. Синтез углеродных нанотрубок (схема установки и принцип действия). Области применения углеродных наноструктур.

Раздел 4. Комбинированные и иные методы получения наноматериалов

4.1. Получение 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.

4.2. Комбинированные методы. Механохимические реакции и их разновидности. Возгонка металлов в среде активных газов. Химические активаторы спекания.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	– современные тенденции развития физических и химических методов получения наноматериалов в газовой фазе;	+	+	+	+
2	– технологические основы организации современных химических производств наноматериалов;	+	+	+	-
3	– современные требования к аппаратурному оформлению основных процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;	-	-	+	+
4	– конструкцию современного технологического оборудования для получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;	-	-	+	+
	Уметь:				
5	– составлять и анализировать современные технологические схемы основных процессов получения наноматериалов в газовой фазе, а также их оптимизировать и наполнять передовым современным оборудованием;	+	-	+	+
6	– выбирать оборудование для конкретных технологических процессов получения наноматериалов с учётом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов;	+	-	-	-
7	– находить нестандартные решения задач технологического и аппаратурного оформления процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе;	+	-	-	-
8	– квалифицированно оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов;	+	-	-	-
	Владеть:				
9	– современными представлениями о передовых технологиях и оборудовании в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.	+	-	-	-
10	– навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе.	+	+	+	+
	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				

11	ОПК-3. Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и технологическую оснастку	ОПК-3.1. Знает современные тенденции развития соответствующего направления химической промышленности	+	+	+	+
		ОПК-3.2. Знает технологические основы организации современных химических производств соответствующего профиля	+	+	+	+
		ОПК-3.3. Знает современные требования к аппаратному оформлению основных процессов соответствующего направления химической промышленности	+	+	+	+
		ОПК-3.4. Знает конструкцию современного технологического оборудования соответствующего профиля	+	+	+	+
		ОПК-3.5. Умеет составлять и анализировать современные технологические схемы основных процессов соответствующего профиля, а также их оптимизировать и наполнять передовым современным оборудованием	+	+	+	+
		ОПК-3.6. Умеет выбирать оборудование для конкретных технологических процессов с учётом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов	+	+	+	+
		ОПК-3.7. Умеет находить нестандартные решения задач технологического и аппаратного оформления процессов химической технологии соответствующего профиля	+	+	+	+
		ОПК-3.8. Умеет квалифицированно оценивать эффективность разрабатываемых и существующих химико-технологических процессов	+	+	+	+

		ОПК-3.9. Умеет применять в профессиональной деятельности современные технологии и оборудование	+	+	+	+
		ОПК-3.10. Владеет современными представлениями о передовых технологиях и оборудовании соответствующего направления химической промышленности	+	+	+	+
		ОПК-3.11. Владеет навыками разработки современных инновационных химико-технологических процессов соответствующего профиля	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

Предусмотрены практические занятия обучающегося в магистратуре в объеме 34 акад. часов (0,95 зач. ед.).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1.1-1.3	Основные технологические компоненты химического производства. Виды химических реакторов.	4
2	2.1- 2.3	Механическое, ультразвуковое и детонационное измельчение. Направленная кристаллизация аморфных сплавов и стекол. Прессование и спекание (разновидности спекания). Напыление (термическое, электронно-лучевое, магнетронное) Молекулярно-лучевая эпитаксия. Литография и нанолитография.	11
3	3.1-3.5	Методы химические осаждения наноматериалов из газовой фазы, их разновидности. Химические транспортные реакции. Химические транспортные реакции. Методы получения (нанесения) пленок и покрытий. Получение углеродных наноструктур посредством CVD метода. Сенсорные материалы	15
4	4.1-4.2	Мембраны из оксидов металлов получаемые электрохимическим окислением. Молекулярные сита, цеолиты. Механохимические реакции и их разновидности.	4

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины **«Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии»** предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 21 ч (0,58 зач. ед.). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;

- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачета по курсу.

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

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

Подготовка и защита реферата

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

План реферата по научной статье или патенту.

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

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

Примерная тематика реферативно-аналитической работы:

1. Методы получения упорядоченных наноструктур: молекулярно-лучевая эпитаксия
2. Литография и контактная фотолитография.
3. Литография высокого разрешения в технологии полупроводников
4. Диффузия в твердых телах
5. Диффузионные процессы и их использование в технологиях
6. Объемные наноструктурные материалы и методы их получения
7. Углеродные нанотрубки. Их получение и свойства.
8. Химические транспортные реакции и их классификация
9. Прекурсоры на основе МОС, возможные преимущества, требования к прекурсорам
10. Химия металлоорганических соединений

11. Общая характеристика метода химического осаждения из газовой фазы (Определение, схема процесса, основные параметры)
12. Метод получения тонких пленок, осаждение на подложку
13. Метод матричного твердотельного синтеза
14. Синтез графена и углеродных нанотрубок методом газофазного осаждения
15. Электрохимические методы получения наноматериалов
16. Механизмы роста вискеро́в из газовой фазы. Примеры синтеза вискеро́в металлов, оксидов металлов
17. Получение наноматериалов методом лазерного испарения
18. Сенсорные полупроводниковые материалы и пути их синтеза

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 3 семестра составляет по 10 баллов за каждую. Максимальная оценка контрольных работ составляет 30 баллов. Контрольные работы пишутся в форме развернутого ответа на вопросы.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за каждый вопрос.

1. Материальный и тепловой баланс химического производства.
2. Особенности получения нуль- одно-, двух- и трехмерных наноматериалов.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за каждый вопрос.

1. Электродуговая металлизация функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
2. Механическое, ультразвуковое и детонационное измельчение.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка 10 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за каждый вопрос.

1. Стадии CVD процесса. Влияние газовой фазы на протекание процесса.
2. Химические транспортные реакции. Принцип метода. Примеры.

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

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

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

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

Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов

1. Основные подсистемы химического производства. Основные технологические компоненты химического производства.
2. Виды химических реакторов. Показатели химического производства и химико-технологического процесса.
3. Сырьевые ресурсы химического производства. Энергетические ресурсы химического производства. Вода в химическом производстве. Материальный и тепловой баланс химического производства.
4. Возгонка-десублимация. Лазерная абляция.
5. Диспергирование в электродуговом разряде. Механическое, ультразвуковое и детонационное измельчение.
6. Метод взрывающихся проволок. Электроискровая эрозия. Плазменная сфероидизация частиц. Криогенные методы.
7. Направленная кристаллизация аморфных сплавов и стекол.
8. Прессование и спекание (разновидности спекания).
9. 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.
10. Парообразование бета-дикетонатов металлов. Лантаноиды. Примеры использования для синтеза наноматериалов.
11. Особенности парообразования алкоксидов. Примеры использования для синтеза наноматериалов.
12. Особенности парообразования циклопентадиенильных координационных соединений – прекурсоров. Примеры использования для синтеза наноматериалов.
13. Галогениды, гидриды. Примеры использования для синтеза наноматериалов.
14. Химические транспортные реакции. Принцип метода. Примеры
15. Общая характеристика метода химического осаждения из газовой фазы (Определение, схема процесса, основные параметры)
16. Стадии CVD процесса. Влияние газовой фазы на протекание процесса.
17. Преимущества и недостатки метода. Классификация методов CVD.
18. Функциональные элементы CVD установок. Область применения метода CVD. CVD реактор для непрерывного синтеза многослойных материалов.
19. Классификация методов нанесения неорганических покрытий
20. Холодное газодинамическое напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
21. Электродуговая металлизация функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
22. Газопламенное напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
23. Плазменное напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
24. Детонационное напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
25. Вакуумно-конденсационное напыление (функциональная схема процесса, основные параметры, достоинства и недостатки).
26. Получение наноматериалов при лазерном испарении атомов (абляции)
27. Синтез углеродных нанотрубок (схема установки и принцип действия).
28. Морфология и свойства сенсорных наноматериалов.
29. Свойства карбида кремния, особенности строения. Синтез карбида кремния.
30. Методы получения микропористых материалов.

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

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

Экзамен по дисциплине «Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов химической технологии» проводится в 1 семестре и включает контрольные вопросы всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для **экзамена** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы **экзамена** оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 20 баллов, второй – 20 баллов.

Пример билета для **экзамена**:

<p>«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____ Родин А.О.</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	18.04.01 Химическая технология Магистерская программа – « <u>Нанохимия и химическая технология наноматериалов</u> »
	Квалификация «магистр» «Современное технологическое и аппаратурное оформление процессов химической технологии»
Билет № 1	
1. Понятие прекурсора, возможные преимущества, требования к прекурсорам.	
2. Напыление (термическое, электронно-лучевое, магнетронное).	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. Москва, изд-во "Высшая школа", 1990, 520 с.
2. Сыркин В.Г. CVD - метод. Химическое парофазное осаждение. Москва, изд-во "Наука", 2000, 496 с.
3. Юртов Е.В., Королева М.Ю. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2024, 240 с.
4. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности, ИД Интеллект, 2011, 568 с.
5. Маскаева Л. Н., Федорова Е. А., Марков В. Ф. Технология тонких пленок и покрытий. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019, 236 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

1. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
2. Журнал «Химическая технология», ISSN 1684-5811
3. Журнал «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X
4. Журнал «Chemical Vapor Deposition», ISSN: 1521-3862
5. Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com, www.scopus.com.

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации к лекциям – 17, (общее число слайдов – более 100);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – не менее 80).
- банк вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – не менее 25).

Для проведения промежуточных и итоговой аттестации могут использоваться такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 22.05.2019 составляет 1 708 372 экз.

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

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

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

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

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Современное технологическое и аппаратное оформление процессов химической технологии» 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:

Компьютер, принтер; проектор и экран; 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	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
2.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.	Нет
3.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет
4.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none">• Word• Excel	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.	Нет

№ п. п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание	Возможность дистанционного использования
	<ul style="list-style-type: none"> • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath 		версию продукта)		
5.	<p>O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP</p> <p>Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams</p>	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Да
6.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)	Нет

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Раздел 1. Химическое производство</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – современные тенденции развития физических и химических методов получения наноматериалов в газовой фазе; – технологические основы организации современных химических производств наноматериалов; – современные требования к аппаратурному оформлению основных процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе; <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – составлять и анализировать современные технологические схемы основных процессов получения наноматериалов в газовой фазе, а также их оптимизировать и наполнять передовым современным оборудованием; – выбирать оборудование для конкретных технологических процессов получения наноматериалов с учётом химических и физико-химических свойств перерабатываемых материалов; – находить нестандартные решения задач технологического и аппаратурного оформления процессов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе; – применять в профессиональной деятельности современные технологии и оборудование. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – современными представлениями о передовых технологиях и оборудовании в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе. 	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</p>
<p>Раздел 2. Технологическое и аппаратурное оформление физических методов получения наноматериалов</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основные физические методы получения наночастиц и наноматериалов и перспективы их применения; – основные технологические операции и оборудование для получения наночастиц и наноматериалов. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – выбирать необходимый метод синтеза наночастиц и получения наноматериалов различными физическими методами с 	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>учетом требований к качеству продукта и экономических показателей;</p> <ul style="list-style-type: none"> – оптимизировать параметры выбранного метода синтеза под конкретные цели и задачи; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 физическими методами. 	
<p>Раздел 3. Технологическое и аппаратное оформление химических методов получения наноматериалов в газовой фазе</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химические основы методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе; – основные 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; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками анализа научно-технической литературы в области методов получения наночастиц и наноматериалов в газовой фазе. 	<p>Оценка за контрольную работу № 3. Реферат</p>
<p>Раздел 4. Комбинированные и иные методы получения наноматериалов</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химические основы методов получения наночастиц и наноматериалов в комбинированными методами; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – оптимизировать параметры выбранного метода синтеза под конкретные цели и задачи; <p>Владеет:</p>	<p>Реферат</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	навыками анализа научно-технической литературы в области методов получения 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 – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

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

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

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Транспортные свойства неоднородных систем»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена заведующим кафедрой наноматериалов и нанотехнологии, д.ф.-м.н, 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 – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 (2-й семестр).

Дисциплина **«Транспортные свойства неоднородных систем»** 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 **«Транспортные свойства неоднородных систем»** преподается во 2м семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвердых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их</p>	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	<p>ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов</p> <p>ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов</p> <p>ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – 6)</p> <p>- Анализ опыта</p>

	<p>эксплуатационных характеристик;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами; - Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности 			
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

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

Уметь:

- оценивать потоки тепла и вещества, а также движущие силы, вызывающие эти потоки;
- рассчитывать параметры диффузии и теплопереноса, в том числе в наносистемах;
- предсказывать изменение транспортных характеристик в зависимости от типа и структуры систем, в том числе наносистем;
- предсказывать влияния разных факторов, на тепло- и массо- перенос в процессах получения и эксплуатации материалов и наносистем.

Владеть:

- Навыками определения основных характеристик транспортных свойств 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	3,00	108	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	0.94	34	25.5
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	6
Лекции	0,47	17	12,75
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,75
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	6
Самостоятельная работа	2.06	74	55.5
Контактная самостоятельная работа	2.06	0,0	0,0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		74	55.5
Виды контроля:			
Зачет с оценкой	0	0	0

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Макроскопическое описание тепло- и массо-переноса	25	0	4	3	0	18
1.1	Введение. Основные этапы.	1	0	1		0	0
1.2	Потоки свойств и кинетические характеристики систем.	6	0	1	1	0	4
1.3	Уравнения диффузии и теплопроводности	6	0	1	1	0	4
1.4	Геометрия диффузионных задач	12	0	1	1	0	10
2.	Раздел 2. Диффузия, случайные блуждания, вязкость	26	4	4	4	4	18
2.1	Диффузия. Модель Эйнштейна и теория Смолуховского	7	0	2	1	0	4
2.2	Диффузия и броуновское движение. Вязкость жидкости.	5	0	1		0	4
2.3	Ньютоновские и неньютоновские жидкости.	6	0	1	1	0	4
2.4	Методы определения коэффициентов диффузии	8	2		2	2	6
3	Раздел 3. Механизмы диффузии и теплопереноса в твердых телах	31	0	3	4	0	24
3.1	Механизмы диффузии в твердых телах	6	0	1	1	0	4
3.2	Вакансии и другие дефекты.	5	0		1	0	4
3.3	Фононы и колебания решетки	6	0	1	1	0	4
3.4	Диффузионный рост фаз	14	0	1	1	0	12
4	Раздел 4. Особенности наносистем	26	4	6	6	4	14
4.1	Диффузия по границам зерен	8	2	2	2	2	4
4.2	Диффузия в тонких пленках	10	2	2	2	2	6
4.3	Пористые среды	8	0	2	2	0	4
	ИТОГО	108	8	17	17	8	74

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Макроскопическое описание тепло- и массо- переноса

Введение. Основные этапы.

Краткое изложение истории изучения процессов массопереноса и диффузии. Наблюдения да Винчи. Формула Пуазейля. Законы Фурье. 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-теплопроводности.

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

Геометрия 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 и броуновское движение. Вязкость жидкости.

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

Ньютоновские и неньютоновские жидкости.

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

Раздел 3. Механизмы диффузии и теплопереноса 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.

Фононы и колебания решетки

Решеточная и электронная теплопроводность. Расчет основных вкладов.

Диффузионный рост фаз.

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

Раздел 4. Особенности наносистем

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
Знать:					
1	основные движущие силы тепло- и массопереноса;	+	+		+
2	основные механизмы диффузии и теплопереноса;		+	+	
3	методы расчета потоков тепла и веществ в зависимости от типа систем;	+	+		+
4	роль поверхностей раздела в тепло- и массо- переносе;		+		+
5	особенности массопереноса в наносистемах;			+	+
6	способы учета потоков при описании процессов при получении и использовании наноматериалов.			+	+
Уметь:					
7	– оценивать потоки тепла и вещества, а также движущие силы, вызывающие эти потоки;	-	+		
8	– рассчитывать параметры диффузии и теплопереноса, 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 тепло- и массо- перенос в процессах получения и эксплуатации материалов и наносистем.	-	+	+	+
Владеть:					
11	– Навыками определения основных характеристик транспортных свойств по экспериментальным данным;	-	+		+
12	– Навыками расчета скорости роста фаз диффузионным путем.			+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			

13	<p>ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов</p>	<p>ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов</p> <p>ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов</p> <p>ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин</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- теплопроводности	2
3	Раздел 2	Диффузия в жидкостях и газах.	2
4	Раздел 2	Потоки жидкости и газа. Конвективный тепло и массоперенос	2
5	Раздел 3	Механизмы диффузии в твердых телах. Колебания решетки. Перенос тепла.	2
6	Раздел 3	Вакансии. Оценки коэффициентов диффузии.	2
7	Раздел 3	Рост фаз.	2
8	Раздел 4	Диффузия и теплопроводность в пористых средах	3

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине *«Транспортные свойства неоднородных систем»* не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

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

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за тест (1 тест 20 баллов), выполнение работ по моделированию диффузионного эксперимента (2 работы по 20 баллов и защита работы по 10 баллов), расчетное задание по диффузии по границам зерен/теплопроводность неоднородного материала (1 задача 20 баллов), а также экзамен (40 баллов). Максимальное общее число баллов - 100. Оценка 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.

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 (или уравнение Фурье). Обозначьте все величины.

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

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

Докажите, что приведенная функция является решением уравнения диффузии-теплопроводности 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 «*Транспортные свойства неоднородных систем*» экзамен не предусмотрен учебным планом. Зачет проставляется на основе баллов набранных в семестре.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

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

Б. Дополнительная литература

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

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

Для реализации данной дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения:

- компьютерные презентации к лекционным занятиям, общее число слайдов – более 100;
- раздаточный материал по лекциям
- Компьютерные тренажеры Диффузия в металлах и Диффузия по границам зерен

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

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

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

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

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

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

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам дисциплины; распечатки слайдов презентаций.

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

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

	Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath 	35ЭА/2020 от 26.05.2020		возможностью продления лицензии
--	--	----------------------------	--	---------------------------------------

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование Разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1 Макроскопическое описание тепло- и массо- переноса	<i>Знает:</i> - основные движущие силы тепло- и массопереноса; - методы расчета потоков веществ в зависимости от типа систем; <i>Умеет:</i> - оценивать потоки тепла и вещества, а также движущие силы, вызывающие эти потоки;	тест; Д31 Д32 Экзамен
Раздел 2. Диффузия, случайные блуждания, вязкость	<i>Знает:</i> - методы расчета потоков тепла и вещества в зависимости от типа систем; <i>Умеет:</i> - рассчитывать параметры диффузии и теплопереноса, в том числе в наносистемах; – предсказывать изменение диффузионных характеристик в зависимости от типа и структуры систем, в том числе наносистем; - <i>Владеет:</i> – Навыками определения основных характеристик транспортных свойств по экспериментальным данным;	Д31 Д32
Раздел 3. Механизмы диффузии и теплопереноса в твердых телах	<i>Знает:</i> - основные механизмы диффузии и теплопереноса <i>Умеет:</i> – предсказывать изменение транспортных характеристик в зависимости от типа и структуры систем, в том числе наносистем; – предсказывать влияния	Тест Расчетное задание

	<p>разных факторов, на тепло- и массоперенос в процессах получения и эксплуатации материалов и наносистем.</p> <p><i>- Владеет:</i></p> <p>– Навыками расчета скорости роста фаз диффузионным путем.</p>	
Раздел 4. Особенности наносистем	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - роль поверхностей раздела в тепло- и массопереносе; - особенности массопереноса в наносистемах; - способы учета потоков при описании процессов при получении и использовании наноматериалов <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать параметры диффузии и теплопереноса, в том числе в наносистемах <ul style="list-style-type: none"> - – предсказывать изменение транспортных характеристик в зависимости от типа и структуры систем, в том числе наносистем; – предсказывать влияния разных факторов, на тепло- и массоперенос в процессах получения и эксплуатации материалов и наносистем. 	Расчетное задание

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

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

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

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

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

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

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Углеродные наноматериалы»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

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

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

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 **«Углеродные наноматериалы»** относится к блоку дисциплин по выбору учебного плана. Программа предполагает, что обучающиеся имеют подготовку в области органической химии и физикохимии наноматериалов.

Цель дисциплины – приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области полимерных нанокомпозитов и ознакомление с их структурой, свойствами, возможностями применения.

Задачи дисциплины – формирование у обучающихся представлений об основных понятиях полимерных композиционных материалов, их свойствах, способах получения, способах управления их характеристиками и путями практического использования.

Дисциплина **«Углеродные наноматериалы»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **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
--------------------------------------	---------------------------	-----------------------	---	--

<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвёрдых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных</p>	<p>ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов</p>	<p>ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов</p> <p>ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов</p> <p>ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – 6)</p> <p>- Анализ опыта</p>
---	---	--	--	---

	<p>характеристик;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами; - Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и жизнедеятельности 	<p>ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий</p>	<p>ПК-5.1 основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем современных технологических процессах</p>	<p>Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> - Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) - Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – 6) - Анализ опыта
--	--	---	---	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

– модификации углерода, структуру и свойства углеродных наноматериалов, возможности их использования;

Уметь:

– использовать различные источники информации для получения сведений о новейших исследованиях в области углеродных наноматериалов;
– критически анализировать научные публикации;

Владеть:

– навыками подготовки аналитических обзоров современной научной литературы в области углеродных наноматериалов в устной и письменной форме;

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	12,5
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,5
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	1,59	74	56
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		73,6	55,7
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Вид контроля:			
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов							
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. работы	Сам. работа	в т.ч. в форме пр. подг.
1.	Раздел 1. Классификация углеродных наноструктур. Нанотрубки, нановолокна и фуллерены	46	8	8	8	4	-	30	4
1.1	Введение. Классификация углеродных наноструктур	14	-	2	2	-	-	10	-
1.2	Углеродные нанотрубки и нановолокна	20	8	4	4	4	-	12	4
1.3	Строение фуллереноподобных наноструктур	12	-	2	2	-	-	8	-
2.	Раздел 2. Композиты на основе углеродных наноматериалов. Неуглеродные нанотрубки. Графен. Наноалмаз	62	-	9	9	-	-	44	-
2.1	Графен	14	-	2	2	-	-	10	-
2.2	Наноалмаз	14	-	2	2	-	-	10	-
2.3	Композиты, содержащие углеродные материалы	20	-	3	3	-	-	14	-
2.4	Неуглеродные нанотрубки	14	-	2	2	-	-	10	-
	ИТОГО	108	8	17	17	4	-	74	4
	Экзамен	36							
	Всего	144							

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Классификация углеродных наноструктур. Нанотрубки, нановолокна и фуллерены

1.1 Введение. Классификация углеродных наноструктур

Аллотропные модификации углерода Основные понятия квантовой химии. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода. Алмаз и алканы. Графит, графен, арены, алкены, карбин, алкины. Смешанные и промежуточные аллотропные модификации углерода.

1.2 Углеродные нанотрубки и нановолокна

История открытия УНТ. Понятие одностенных и многостенных углеродных нанотрубок. Информация об их строении и методах получения. Структурные свойства. Хиральность нанотрубок. Электронные свойства нанотрубок. Электронные свойства графитовой плоскости. Механические свойства. Упругие свойства углеродных нанотрубок. Электромеханические свойства углеродных нанотрубок. Понятие хиральности. Обсуждение взаимосвязи хиральности и физических свойств углеродных нанотрубок. Применение углеродных нанотрубок. Токсичность нанотрубок. Понятия и свойства нановолокон.

1.3 Строение фуллереноподобных наноструктур

История открытия фуллеренов. Кластеры углерода. Установка и методики Ричарда Смолли. Открытия Бакминстера Фуллера. Понятие о фуллеренах. Теорема Эйлера и структура молекул фуллеренов и углеродных нанокластеров, фуллереноподобные структуры в живой природе. Углеродные кластеры фуллероидного типа. Синтез, модифицирование, использование фуллеренов.

Раздел 2. Композиты на основе углеродных наноматериалов. Неуглеродные нанотрубки. Графен. Наноалмаз

2.1 Графен

Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена. Химическое модифицирование графена. «Графеновая» электроника. Многослойный эпитаксиальный графен (MEG). Структура, электрические свойства, механические свойства, возможности применения в электронике

2.2 Наноалмаз.

Понятия наноалмаза, строение и особые свойства наноалмаза. Технология получения детонационных наноалмазов. Очистка наноалмазов от примесей. Методы контроля степени чистоты детонационных наноалмазов (ДНА). Получение наноалмазных суспензий. Структура ДНА. Практическое использование ДНА.

2.3 Композиты, содержащие углеродные материалы

Материалы и композиты на основе углеродных нанотрубок. Полимеры и композитные материалы на основе других углеродных наноструктур.

2.4 Неуглеродные нанотрубки.

Понятие неуглеродных нанотрубок. Функциональные свойства и практическое использование различных неуглеродных нанотрубок.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	
	Знать:			
1	– модификации углерода;	+	+	
2	– структуру и свойства углеродных наноматериалов;	+	+	
3	– возможности их использования углеродных наноматериалов;	+	+	
	Уметь:			
4	– использовать различные источники информации для получения сведений о новейших исследованиях в области углеродных наноматериалов;	+	+	
5	-критически анализировать научные публикации;	+	+	
	Владеть:			
6	– навыками подготовки аналитических обзоров современной научной литературы в области углеродных наноматериалов в устной и письменной форме;	-	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК		
7	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов	+	+
8		ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов	+	+
9		ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин	+	+
10	ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий	ПК-5.1 Знает основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем в современных технологических процессах	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Введение. Классификация углеродных наноструктур	2
		Углеродные нанотрубки и нановолокна	4
		Строение фуллереноподобных наноструктур	2
2	Раздел 2	Графен	2
		Наноалмаз	2
		Композиты, содержащие углеродные материалы	3
		Неуглеродные нанотрубки	2

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине «Углеродные наноматериалы» не предусмотрены.

7. Самостоятельная работа

Учебной программой дисциплины «Углеродные наноматериалы» предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 74 акад. часов (1,59 зач. ед.).

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

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку докладов к практическим занятиям по предложенным преподавателем темам;
- подготовку к контрольным работам по материалу курса;
- подготовку и защиту реферата по анализу научной информации (статей и патентов) по углеродным наноматериалам;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к экзамену по курсу.

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

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Перечень примерных тем:

1. Углеродные нанотрубки. Понятие одностенных углеродных нанотрубок, информация об их строении и методах получения. Обсуждение природы химической связи в нанотрубках и основных отличий одностенных и многостенных УНТ.
2. Углеродные нанотрубки. Понятие многостенных углеродных нанотрубок, информация об их строении и методах получения.
3. Фуллерен. Понятие фуллерена, строение и получение фуллеренов. Обсуждение перспектив химического модифицирования и практического использования фуллеренов.
4. Графен. Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена. Химическое модифицирование и практическое использование графена.
5. Наноалмаз. Понятия наноалмаза, строение и особые свойства наноалмаза. Получение и практическое использование наноалмаза.
6. Раздел Юнга и закон Холла - Петча. Механические свойства наносистем. Применение макроскопических (обычных) законов механики к наносистемам.
7. Неуглеродные нанотрубки. Понятие неуглеродных нанотрубок. Обсуждение функциональных свойств и практического использования различных неуглеродных нанотрубок.
8. Нановискеры (нитевидные нанокристаллы, ННК). Разновидности нановискеров. Получение ННК. Гетероструктуры на основе ННК. Нановискеры феллерена. Потенциальное применение нановискеров.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольной работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 20 баллов за каждую.

Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка контрольной работы составляет 20 баллов.

Каждая контрольная работа представляет собой 2 открытых вопроса, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопроса.

1. Классификация углеродных наноструктур.
2. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода.
3. Углеродные нанотрубки. История открытия УНТ.
4. Понятие одностенных и многостенных углеродных нанотрубок.
5. Типы многослойных УНТ.
6. Структура УНТ.
7. Понятие хиральности.
8. Взаимосвязи хиральности и физических свойств углеродных нанотрубок.

9. Структурные свойства УНТ.
10. Электронные свойства нанотрубок.
11. Явление сверхпроводимости в УНТ.
12. Экситоны и биэкситоны в нанотрубках.
13. Оптические свойства УНТ.
14. Механические, электромеханические свойства УНТ.
15. Механизмы роста УНТ.
16. Получение УНТ методом газофазного осаждения.
17. Особенности метода получения, преимущества и недостатки метода.
18. Методы получения УНТ.
19. Электродуговой метод.
20. Метод термического, лазерного испарения.
21. Методы визуализации УНТ.
22. Токсичность нанотрубок.
23. Потенциальное применение углеродных нанотрубок.
24. УНТ в электронике.
25. Фуллерен.
26. Теорема Эйлера и строение и структура молекул фуллеренов и углеродных нанокластеров.
27. История открытия фуллеренов. Фуллереноподобные структуры в живой природе.
28. Получение фуллеренов.
29. Метод В. Кретчмера.
30. Получение фуллеренов из жидкокристаллической мезофазы.
31. Метод распыления графита. Методы очистки и детектирования фуллеренов.
32. Механизмы образования фуллеренов.
33. Структура фуллерена.
34. Химические свойства фуллерена. Фуллераны.
35. Экзо и эндоэдральные фуллерены.
36. Физические свойства фуллерена.
37. Электронная структура и сверхпроводимость металлофуллеренов.
38. Магнетизм в фуллеридах.
39. Применение фуллеренов.
40. Токсичность фуллеренов.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 20 баллов. Контрольная работа содержит 2 вопросов.

1. Графен. Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена.
2. Зонная структура графена.
3. Дефекты в графене.
4. Искажения графенового листа.
5. Структура, электрофизические свойства, механические свойства.
6. Химические свойства графена. Модифицирование графена.
7. Применение графена и его производных.
8. Проводимость графена. «Графеновая» электроника.
9. Многослойный эпитаксиальный графен (MEG).
10. Методы получения графена и его аналогов.
11. Метод Новоселова.
12. Получение графена из нанотрубок, окисленного графита.
13. Графитизация поверхности металлов.
14. Осаждение графитизированных слоев при термораспаде углеродсодержащих

газов на поверхности металлических образцов.

15. Методы характеристики графена: КР – спектроскопия, сканирующая туннельная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, динамическое рассеяние света.

16. Понятия наноалмаза, строение и особые свойства наноалмаза.

17. Технология получения детонационных наноалмазов.

18. Очистка наноалмазов от примесей.

19. Методы контроля степени чистоты детонационных наноалмазов (ДНА).

20. Получение наноалмазных суспензий.

21. Структура ДНА. Практическое использование.

22. Неуглеродные нанотрубки.

23. Классификация неуглеродных нанотрубок.

24. Функциональные свойства и практическое использование неуглеродных нанотрубок.

25. Нановискеры (нитевидные нанокристаллы, ННК).

26. Разновидности нановискеров.

27. Получение ННК.

28. Гетероструктуры на основе ННК.

29. Нановискеры феллерена.

30. Потенциальное применение нановискеров.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (экзамен)

Итоговый контроль проводится в письменном виде (экзамен). Билет для проведения зачета содержит 2 вопроса, максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов, максимальная общая оценка – 40 баллов). Общая оценка зачета складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на экзамене. Максимальная оценка зачета – 100 баллов.

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

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов

1. Физические свойства фуллерена. Электронная структура и сверхпроводимость металлофуллеренов. Магнетизм в фуллеридах.

2. Неуглеродные нанотрубки. Классификация неуглеродных нанотрубок. Функциональные свойства неуглеродных нанотрубок.

3. Методы получения УНТ. Электродуговой метод. Метод лазерного испарения. Потенциальное применение углеродных нанотрубок.

4. Структура феллерена. Химические свойства фуллерена. Экзо и эндоэдральные фуллерены.

5. Дефекты в графене. Искажения графенового листа. Структура, электрофизические свойства, механические свойства.

6. Получение фуллеренов. Метод В. Кретчмера. Получение фуллеренов из жидкокристаллической мезофазы. Метод распыления графита.

7. Физические свойства фуллерена. Применение фуллеренов. Токсичность фуллеренов.

8. Понятия наноалмаза, строение и особые свойства наноалмаза. Технология получения детонационных наноалмазов.

9. Химические свойства графена. Модифицирование графена.

10. Очистка наноалмазов от примесей. Методы контроля степени чистоты детонационных наноалмазов (ДНА). Получение наноалмазных суспензий. Структура ДНА.

11. Феллерен. Теорема Эйлера и строение и структура молекул фуллеренов и

углеродных нанокластеров.

12. Методы получения графена и его аналогов. Метод Новоселова. Получение графена из нанотрубок, окисленного графита. Графитизация поверхности металлов. Осаждение графитизированных слоев при термораспаде углеродсодержащих газов на поверхности металлических образцов.

13. Электронные свойства нанотрубок. Явление сверхпроводимости в УНТ. Экситоны и биэкситоны в нанотрубках.

2. Получение фуллеренов. Метод В. Кретчмера. Получение фуллеренов из жидкокристаллической мезофазы. Метод распыления графита.

14. История открытия УНТ. Понятие одностенных и многостенных углеродных нанотрубок. Типы многослойных УНТ. Структура УНТ. Структурные свойства УНТ.

15. Графен. Строение и особые свойства графена. Зонная структура графена

16. Строение и особые свойства наноалмаза. Технология получения детонационных наноалмазов.

17. Методы получения графена. Метод Новоселова. Графитизация поверхности металлов. Осаждение графитизированных слоев при термораспаде углеродсодержащих газов на поверхности металлических образцов.

18. Механизмы образования фуллеренов. Структура фуллерена. Химические свойства фуллерена.

19. Нановискеры фуллерена. Потенциальное применение нановискеров.

20. Физические свойства фуллерена. Электронная структура и сверхпроводимость металлофуллеренов. Магнетизм в фулеридах.

21. Нановискеры (нитевидные нанокристаллы, ННК). Разновидности нановискеров. Получение ННК. Гетероструктуры на основе ННК.

22. Механизмы образования фуллеренов. Структура фуллерена. Фуллераны. Экзо и эндоэдральные фуллерены.

23. Неуглеродные нанотрубки. Классификация неуглеродных нанотрубок. Функциональные свойства и практическое использование неуглеродных нанотрубок.

24. Механизмы образования фуллеренов. Структура фуллерена. Химические свойства фуллерена. Фуллераны.

25. Методы получения графена и его аналогов. Метод Новоселова. Получение графена из нанотрубок, окисленного графита. Графитизация поверхности металлов.

26. Получение фуллеренов. Метод В. Кретчмера. Получение фуллеренов из жидкокристаллической мезофазы. Метод распыления графита. Методы очистки и детектирования фуллеренов.

27. Методы характеристики графена: КР – спектроскопия, сканирующая туннельная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, динамическое рассеяние света.

28. Фуллерен. Теорема Эйлера и строение и структура молекул фуллеренов и углеродных нанокластеров. История открытия фуллеренов. Фуллереноподобные структуры в живой природе.

29. Применение графена и его производных. Проводимость графена. «Графеновая» электроника. Многослойный эпитаксиальный графен (MEG).

30. Методы получения УНТ. Электродуговой метод. Метод лазерного испарения. Методы визуализации УНТ. Токсичность нанотрубок.

31. Химические свойства графена. Модифицирование графена.

32. Механические, электромеханические свойства УНТ. Механизмы роста УНТ. Получение УНТ методом газофазного осаждения. Особенности метода получения, преимущества и недостатки метода.

33. Химические свойства графена. Модифицирование графена.

34. Электронные свойства нанотрубок. Явление сверхпроводимости в УНТ. Экситоны и биэкситоны в нанотрубках.

35. Очистка наноалмазов от примесей. Методы контроля степени чистоты детонационных наноалмазов (ДНА). Получение наноалмазных суспензий. Структура ДНА.

36. Углеродные нанотрубки. История открытия УНТ. Понятие одностенных и многостенных углеродных нанотрубок. Типы многослойных УНТ. Структура УНТ. Понятие хиральности.

37. Дефекты в графене. Искажения графенового листа. Структура, электрофизические свойства, механические свойства.

38. Классификация углеродных наноструктур. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода.

39. Графен. Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена. Зонная структура графена.

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

8.4. Структура и примеры билетов для итогового контроля (экзамен)

Экзамен по дисциплине «Углеродные наноматериалы» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для **экзамена** состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы **экзамена** оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом. Максимальная оценка за каждый вопрос – 20 баллов.

Пример билета для **экзамена**:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	18.04.01 «Химическая технология»
	Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология наноматериалов»
Углеродные наноматериалы	
Билет № 1	
1. Классификация углеродных наноструктур. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода.	
2. Графен. Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена. Зонная структура графена.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

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

2. Губин С.П., Ткачев С.В. Графен и родственные наоиформы углерода. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. — 104 с.

Б. Дополнительная литература

1. Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены: Учебн.пособие. –М.: Университетская книга, Логос, 2006.-376 с.
2. Наноалмазы детонационного синтеза: получение и применение / П. А. Витязь [и др.] ; под общ. ред. П. А. Витязя. – Минск : Беларус. наука, 2013. – 381 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
 2. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
 3. Международный научно-исследовательский журнал «Материалы будущего», ISSN 2227-6017
 4. Journal «[Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures](#)», ISSN 1536-4046
 5. Journal «[Nanomaterials](#)», ISSN 1687-4110
 6. Научная электронная библиотека www.sciencedirect.com.
 7. База данных Роспатента www.fips.ru
 8. Патентная база данных <http://ep.espacenet.com>
 9. База данных научных статей <http://elibrary.ru>
- Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:
- [http:// www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
 - [http:// www.scopus.com](http://www.scopus.com)

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

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

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

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

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

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

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

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

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

13.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

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

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к практическим занятиям.

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

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

	Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams			
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath 	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Классификация углеродных наноструктур. Нанотрубки, нановолокна и фуллерены	Знать: - модификации углерода, структуру и свойства углеродных наноматериалов; Уметь: - использовать различные источники информации для получения сведений о новейших исследованиях в области углеродных наноматериалов; Владеть: - навыками подготовки аналитических обзоров современной научной литературы в области углеродных наноматериалов в устной форме.	Оценка за контрольную работу № 1. Оценка за доклады на семинарах. Оценка за защиту реферата
Раздел 2. Композиты на основе углеродных наноматериалов. Неуглеродные нанотрубки. Графен. Наноалмаз	Знать: возможности использования углеродных наноматериалов; Уметь: критически анализировать научные публикации; Владеть: навыками подготовки аналитических обзоров современной научной литературы в области углеродных наноматериалов в письменной форме.	Оценка за контрольную работу № 2. Оценка за доклады на семинарах. Оценка за защиту реферата Оценка на экзамене

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

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

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

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

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

**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-химические свойства наноматериалов и наносистем»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

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

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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-химические свойства наноматериалов и наносистем»** относится к обязательным дисциплинам учебного плана, к части, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физики, физической и коллоидной химии.

Цель дисциплины – приобретение знаний, умений, владений и формирование компетенций в области теории и практики использования нанотехнологий и создания наноматериалов, свойств наноматериалов, их перспективных областей применения и направлений дальнейшего развития.

Задача дисциплины – формирование у обучающихся системных глубоких знаний в области физических и химических процессов и технологии функциональных неорганических и органических наноматериалов, понимания общих физических и химических механизмов создания наноматериалов, способности анализировать и критически оценивать получаемые наноматериалы, предлагать пути дальнейшего развития химической технологии наноматериалов.

Дисциплина **«Физико-химические свойства наноматериалов и наносистем»** преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
--------------------------------------	---------------------------	-----------------------	---	--

<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвердых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных</p>	<p>ПК-2. Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи</p>	<p>ПК-2.3. Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) - Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. C Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – б) - Анализ опыта</p>
---	--	---	---	---

	<p>данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик;</p> <p>- Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами;</p> <p>- Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности;</p>	<p>ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов</p>	<p>ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов</p> <p>ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов</p> <p>ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – 6)</p> <p>- Анализ опыта</p>
		ПК-5 Способен к	ПК-5.1 Знает основные	- Профессиональный стандарт

		<p>реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий</p>	<p>направления применя наноматериалов, нанотехнологий и наносистем в современных технологических процессах</p> <p>ПК-5.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для представления в виде публикации в научных журналах, написания заявок на патенты, подготовки технических заданий на исследовательские и технологические работы</p>	<p>«26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – 6)</p> <p>- Анализ опыта</p>
--	--	---	---	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

знать:

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

уметь:

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

владеть:

- навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов;
- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов.
- методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов;
- навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,88	68	51
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Лекции	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25,5
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Самостоятельная работа	2,37	85	63,8
Контактная самостоятельная работа	-	-	-

Самостоятельное изучение разделов дисциплины <i>(или другие виды самостоятельной работы)</i>	2,37	85	63,8
Вид контроля:	Экзамен		
Экзамен	0,75	27	20,3
Контактная работа – промежуточная аттестация	0,75	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		26,6	20,0
Вид итогового контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п.п.	Раздел дисциплины	Часов			
		Всего	Лек	ПЗ	СР
1	Раздел 1.	36	8	8	20
1.1	Фундаментальные понятия о наноматериалах и нанотехнологии	10	2	2	6
1.2	Общие свойства и типы нанообъектов	10	2	2	6
1.3	Влияние наноструктурирования на свойства систем	16	4	4	8
2	Раздел 2.	36	8	8	20
2.1	Методы визуализации и анализа нанообъектов	16	4	4	8
2.2	Молекулярные кластеры	10	2	2	6
2.3	Полупроводниковые наноструктуры	10	2	2	6
2	Раздел 3.	40	8	8	24
3.1	Углеродные наноматериалы	10	2	2	6
3.2	Нанопористые материалы	10	2	2	6
3.3	Нанопорошки и объёмные наноструктурные материалы	10	2	2	6
3.4	Композиционные наноматериалы	10	2	2	6
2	Раздел 4.	41	10	10	21
4.1	Наноструктуры в жидкостях	12	3	3	6
4.2	Биологические наноструктуры	12	3	3	6
4.3	Супрамолекулярные структуры	9	2	2	5
4.4	Ассемблеры и молекулярные машины	8	2	2	4
	Экзамен	27			
	Всего часов	180	34	34	85

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1.

1.1. Фундаментальные понятия о наноматериалах и нанотехнологии. Основные причины особых свойств нанообъектов и наноматериалов, размерный эффект. Нанотехнология. Задачи и возможности нанотехнологии на современном этапе.

1.2. Общие свойства и типы нанообъектов. Равновесные, неравновесные и квазиравновесные структуры.

1.3. Влияние наноструктурирования на свойства систем. Роль размерного эффекта в изменении физико- химических свойств нанообъектов. Термодинамические и кинетические закономерности.

Раздел 2.

2.1. Методы визуализации и анализа нанообъектов. Основы электронной просвечивающей и сканирующей микроскопии. Криогенная микроскопия. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия. Аналитическая электронная микроскопия.

2.2. Молекулярные кластеры: виды, структура, стабильность. Способы получения, физические и химические свойства нанокластеров.

2.3. Полупроводниковые наноструктуры. Уровни размерного квантования. Квантовые точки, квантовые нити, квантовые ямы, туннелирование. Гетероструктуры, сверхрешетки, способы их получения, нанолитография.

Раздел 3.

3.1. Углеродные наноматериалы: наноалмаз, графен и его производные, карбин. Промежуточные формы углерода: моноциклы, фуллерены, углеродные нанотрубки, другие формы углерода.

3.2. Нанопористые материалы: классификация, виды пористости. Мезопористые силикаты, пористые углеродные материалы. Сорбенты, молекулярные сита, мембраны. Наночистота.

3.3. Нанопорошки и объёмные наноструктурные материалы. Способы получения нанопорошков и консолидированных материалов. Способы компактирования нанопорошков. Интенсивная пластическая деформация.

3.4. Композиционные наноматериалы. Наноконструкты с керамической, металлической, полимерной, углеродной матрицей.

Раздел 4.

4.1. Наноструктуры в жидкостях. мицеллы, нано-, микро- и макроэмульсии, везикулы (липосомы), жидкие кристаллы, пленки Ленгмюра–Блоджетт. Магнитные жидкости. Нанопузыри.

4.2. Биологические наноструктуры: наноструктуры в клетках, биологические нанообъекты, супрамолекулярные ансамбли в биологических системах. Пассивный и активный транспорт.

4.3. Супрамолекулярные структуры. Супрамолекулярные ансамбли, молекулярное распознавание. Краун-эфиры, криптанды, кавиданды. Супрамолекулярный катализ, фотохромные супрамолекулярные системы. Порфирины, ионофоры, биомиметики.

4.4. Ассемблеры и молекулярные машины. Конвертирование внешних воздействий (энергию химической реакции, световую, электрическую, тепловую энергию) в механическую энергию движения. Два типа молекулярных моторов: трансляционный и ротор. Виды молекулярных машин с различным спектром действий. Наноавтомобиль.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№	В результате освоения дисциплины студент должен		Разделы			
			1	2	3	4
10	методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов;		+	+	+	+
11	навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.		+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
14	ПК-2. Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	ПК-2.3. Владеет навыками соотнесения результатов собственной научной работы с отечественным и зарубежным опытом по тематике исследования	+	+	+	+
15	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов	+	+	+	+
16		ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов	+	+	+	+
17		ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин	+	+	+	+
18	ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий	ПК-5.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для представления в виде публикации в научных журналах, написания заявок на патенты, подготовки технических заданий на исследовательские и технологические работы	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Вклад отечественных ученых в развитие науки о наноматериалах и нанотехнологии	2
2	1	Размерный эффект в свойствах наноматериалов	2
3	1	Получение наноматериалов для электроники	4
4	1	Физикохимические основы получения нанопорошков и консолидированных наноматериалов	6
5	1	Интенсивная пластическая деформация	2
6	2	Свойства композиционных наноматериалов	4
7	2	Способы введения наночастиц в матрицы композиционных материалов	2
8	2	Влияние морфологии и ориентации наночастиц на свойства композиционных материалов	2
9	2	Механические свойства наноматериалов	4
10	2	Анизотропия механических свойств наноматериалов	2
11	2	Адгезия наночастиц на различных поверхностях	4
12	3	Пористые наноматериалы	4
13	3	Особенности механизма диффузии веществ в нанопористых материалах	2
14	3	Мембраны. Мембранный транспорт	4
15	3	Нанофильтрация. Особенности мембранного транспорта при нанофильтрации	2
16	3	Диффузия по межфазным границам. Зернограничная диффузия	5
17	4	Особенности магнитных свойств наноматериалов	4
18	4	Размерный эффект в магнитных свойствах наночастиц оксидов железа	3
19	4	Особенности химии нанокластеров	4
20	4	Аномалии реакционной способности кластеров	2
21	4	Наномашины и наноустройства	4

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Физические и химические свойства наноматериалов и наносистем» Учебным планом не предусмотрен.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу лекционного курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- изучение докладов ведущих российских и зарубежных ученых по наиболее актуальным направлениям развития науки о наноматериалах и нанотехнологии на сайте кафедры наноматериалов и нанотехнологии <http://nano.muctr.ru/conf>.
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в научном семинаре кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- подготовку к сдаче экзамена по дисциплине.

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая оценка за данную дисциплину складывается из оценки работы в семестре (максимально 60 баллов) и оценки, полученной на экзамене (максимально 40 баллов). Оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (до 40 баллов), подготовке научных докладов (до 10 баллов) и участия в кафедральных семинарах (до 10 баллов) по тематике дисциплины, максимально – 60 баллов.

При оценке научных докладов оценивается количество подготовленных докладов, качество докладов (глубина проработки темы, использование современных источников информации, в том числе зарубежных) и качество презентации доклада. Презентация докладов происходит на семинарских занятиях, причем остальные студенты задают вопросы докладчику и участвуют в обсуждении доклада. При оценке участия в кафедральных семинарах, где докладчиками выступают известные ученые в области науки о наноматериалах и нанотехнологии, учитывается активность студента на семинаре, выражающаяся в формулировании вопросов докладчику и участии в обсуждении доклада.

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины Разделы 1 и 2

1. К процессам мегапластической деформации не относится: 1) закалка из жидкого состояния, 2) равноканальное угловое прессование. 3) сдвиг под давлением, 4) накопительная прокатка.
2. Л.В. Радужкевич и В.М. Лукьянович в СССР в 1952 опубликовали результаты исследований углеродных нанотрубок – нановолокон диаметром 100 нм с пустотелыми каналами, которые были получены в: 1) Rice University, 2) РХТУ (МХТИ) им. Д.И. Менделеева 3) МГУ им. М.В. Ломоносова, 4) Институте физической химии РАН.
3. Кто впервые сформулировал концепцию наноматериалов и ввел в научную литературу термин наноматериалы - сначала как нанокристаллические материалы, потом наноструктурные, нанофазные, нанокомпозитные и т.д.? 1) Фейнман, 2) Дрекслер, 3) Глейтер, 4) Тананаев.
4. Фрагмент проводника или полупроводника, носители заряда (электроны или дырки) которого ограничены в пространстве по всем трём измерениям. 1) квантовая яма, 2) квантовая точка, 3) квантовая антиточка, 4) квантовый барьер.
5. Наибольшим пределом прочности и пределом упругости обладают: 1) стали; 2) полимеры; 3) титановые сплавы; 4) аморфные сплавы.
6. С увеличением деформации доля кристаллической фазы: 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) может как увеличиваться, так и уменьшаться; 4) не изменяется.
7. В СССР при создании диффузионных технологий изотопного обогащения урана и технологических операций ядерно-топливного цикла были впервые синтезированы наноразмерные металлические порошки. Их производство (УЭХК, г. Новоуральск) и успешное применение были отмечены Ленинской премией (И.К. Кикоин, И.Д. Морозов, В.Н. Лаповок и др.). В каком году? 1) 1958, 2) 1971, 3) 1981, 4) 1998.
8. Кто такой Фуллер, Ричард Бакминстер?: 1) первооткрыватель фуллеренов. 2) один из основателей нанотехнологии, 3) американский химик, 4) американский инженер, поэт и философ.
9. Почему квантовые точки называют искусственными атомами? 1) квантовая точка, как и атом, имеет ядро, 2) квантовая точка может вступать в химические реакции подобно атомам, 3) квантовая точка имеет размеры атома, 4) в квантовой точке движение ограничено в трех направлениях и энергетический спектр полностью дискретный, как в атоме.
10. Закон Петча-Холла (Холла-Петча)? 1) $\sigma_y = \sigma_0 + k/\sqrt{d}$, 2) $\Delta P = 2\sigma/r$, 3) $\Delta T_m = T_m - T(d) = 6\sigma_{sl} T_m / (d \cdot \Delta H_f)$, 4) $\ln(P_j/P_i) = 2V_i \sigma / rRT$

Разделы 3 и 4

1. Кто и в каком году обосновал Броуновское движение как Марковский процесс? 1) Колмогоров в 1931 году, 2) Марков в 1907 году, 3) Винер в 1925 году, 4) Бокштейн в 1959 году.
2. Что такое диффузия? 1) это процесс переноса вещества, приводящий к возникновению градиента концентрации, реализующийся благодаря перемещениям (скачкам) отдельных частиц (атомов, молекул...) на расстояния большие по сравнению с межатомными. 2) это процесс переноса энергии, приводящий к выравниванию концентрации, реализующийся благодаря перемещениям (скачкам) отдельных частиц (атомов, молекул...) на расстояния большие по сравнению с межатомными, 3) это процесс переноса вещества, приводящий к выравниванию концентрации, реализующийся благодаря взаимодействию отдельных частиц (атомов, молекул...) на

расстояния большие по сравнению с межатомными, 4) это процесс переноса вещества, приводящий к выравниванию концентрации, реализующийся благодаря перемещениям (скачкам) отдельных частиц (атомов, молекул...) на расстояния большие по сравнению с межатомными.

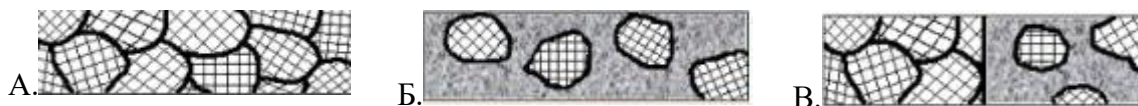
3. Присутствует ли корреляция в движении диффундирующих частиц во времени и по ансамблю (т. е. между собой)? 1) отсутствует, 2) присутствует, 3) зависит от времени, 4) зависит от вида частиц.
4. Метод, который обладает высокой чувствительностью, позволяет визуализировать путь диффузии изотопа и изучать самодиффузию? 1) радиография, 2) автордиография, 3) флуоресцентный метод, 4) хроматография
5. Кто опубликовал свои наблюдения зигзагообразного движения частиц суспензии? 1) Перрен, 2) Смолуховский, 3) Эйнштейн, 4) Броун.
6. Области, в которых все атомные магнитные моменты спонтанно ориентированы это: 1) магнитные границы, 2) магнитные домены, 3) доменные границы, 4) ферромагнитные области.
7. Что такое молекулярный ассемблер (описан в книге Дрекслера)? 1) мельчайшая частица атома, 2) молекулярная машина, которая запрограммирована строить молекулярную структуру из более простых химических блоков, 3) субклеточная частица, 4) коллоидный ансамбль ПАВ.
8. Во всех уравнениях диффузии для бесконечных образцов расстояние зависит от времени как:
 - 1) $\bar{r}^2 \sim t$;
 - 2) $\bar{r} \sim t$;
 - 3) $\bar{r}^3 \sim t$;
 - 4) $\bar{r}^2 \sim t^2$.
9. В отличие от ферромагнетиков суперпарамагнетики и парамагнетики: 1) Не намагничиваются; 2) Их намагниченность меньше единицы; 3) Не достигают магнитного насыщения; 4) Не имеют петлю гистерезиса.
10. В твердых телах диффузия главным образом зависит от: 1) давления; 2) температуры; 3) материала; 4) механических воздействий на тело.

8.2. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (Экзамен)

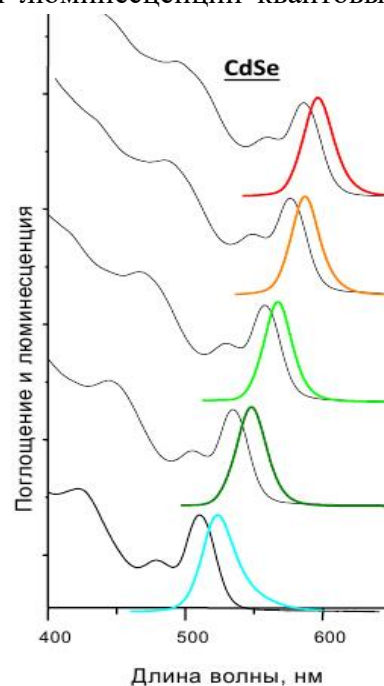
Максимальная оценка 40 баллов за экзамен.

1. За что была присуждена Нобелевская премия Ж.И.Алферову? 1) за основы супрамолекулярной химии, 2) за книгу «Машины создания», 3) за разработку полупроводниковых гетероструктур, 4) за создание туннельного микроскопа
2. Кто получил Нобелевскую премию по физике 2010 г. за эксперименты с графеном? 1) Биннинг и Рорер, 2) Андрей Гейм и Константин Новосёлов, 3) Жорес Алферов 4) Крото и Смолли.
3. Какая из характеристик соответствует кристаллическому состоянию вещества? А) Структурная изотропия. Б) Низкая термодинамическая стабильность. В) Низкие модули упругости. Г) Трансляционная симметрия.
4. Какая из характеристик соответствует аморфному состоянию вещества? А) Дислокационная мода деформации. Деформационное упрочнение. Б) Ближний атомный порядок. В) Высокие модули упругости. Г) Высокая термодинамическая стабильность.

5. Метод Г. Глейтера: 1) пиролиз углеводородов, 2) золь-гель метод, 3) гидролиз алкоксидов, 4) газофазное осаждение и компактирование.
6. Литография методом локального анодного окисления основан на: 1) облучении тонкой пленки, осажденной на подложку; 2) подключении электрического напряжения между наконечником СЗМ и поверхностью; 3) пропускании через ультратонкий образец пучка электронов; 4) нет правильного ответа.
7. Если деформировать титан в камере Бриджмена, что происходит с его свойствами? 1) прочность растет; коррозионные свойства не меняются, а при больших деформациях они падают; 2) прочность растет; коррозионные свойства уменьшаются, а при больших деформациях они увеличиваются; 3) прочность растет; коррозионные свойства уменьшаются, а при больших деформациях они еще больше уменьшаются; 4) прочность уменьшается; коррозионные свойства не меняются, а при больших деформациях они падают.
8. Повышение проводящей способности нанотрубок TiO_2 в присутствии водорода связано: 1) с восстановлением оксида титана, 2) с удалением сорбированного кислорода из межтрубчатого пространства, 3) с эффектом сверхпроводимости, 4) с образованием активных форм водорода при сорбции на трубках.
9. Полной кристаллизации при закалке из жидкого состояния соответствует структура изображённая на рисунке: 1) А; 2) Б; 3) В – сосуществуют обе структуры; 4) правильного ответа нет.



10. На рисунке приведены спектры поглощения и люминесценции квантовых точек CdSe . В зависимости от чего спектры смещаются в более длинноволновую область электромагнитного излучения? 1) В зависимости от размера квантовых точек, с увеличением размера спектр смещается вправо (более длинноволновая область); 2) В зависимости от концентрации квантовых точек в исследуемой суспензии, с увеличением концентрации спектр сдвигается в более длинноволновую область; 3) В зависимости от растворителя, в котором содержатся данные квантовые точки; 4) В зависимости от размера квантовых точек, с уменьшением размера спектр смещается вправо (более длинноволновая область).

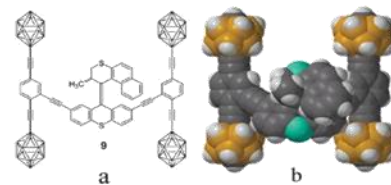


11. Что такое «Молекулярные сита»? 1) сорбенты, избирательно поглощающие вещества, молекулы которых не превышают определённых размеров. 2) молекулярный фильтр в лазерных устройствах на молекулярных кристаллах, 3) молекулярная решетка для подготовки образцов для электронной микроскопии, 4)

стандартный образец пиролитического графита для калибровки зондовых микроскопов

12. Где была синтезирована наномашина (см.рис.) ?

1) Швейцарский филиал IBM, 2) Университет Токио,
3) Питсбургский университет, 4) Райс (Rice) университет.



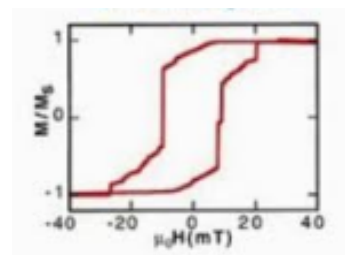
13. Какую наибольшую удельную поверхность Metal-organic framework structures, удалось достичь

Dr. Shuguang Deng (США) в своих работах, которые он представлял на семинаре кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева (видеозапись семинара представлена на сайте семинаров кафедры наноматериалов и нанотехнологии), $\text{м}^2/\text{см}^3$? 1) 100, 2) 300, 3) 1000, 4) 5000.

14. Обычно именно этот эффект определяет дальний магнитный порядок. Играет большую роль в ансамблях наночастиц, тесно соприкасающихся друг с другом: 1) обменное взаимодействие. 2) суперобменное взаимодействие. 3) диполь-дипольное взаимодействие. 4) РККУ-взаимодействие

15. Когда матрица является изолятором, это взаимодействие может реализовываться через промежуточные атомы или ионы (например, кислород), зависит от структуры и природы матрицы и сил связи на границе раздела частица – матрица. Какое это взаимодействие? 1) обменное взаимодействие. 2) суперобменное взаимодействие. 3) диполь-дипольное взаимодействие. 4) РККУ-взаимодействие

16. Приведенный график соответствует: 1) однородное перемангничивание, керлинг. 2) квантование, квантовое туннелирование. 3) явление асперомагнетизма. 4) зарождение, смещение и аннигиляция доменных границ.



17. M_r/M_s и h_{ci} обозначают, соответственно: 1) намагниченность и коэрцитивная сила. 2) приведенная остаточная намагниченность. и приведенная коэрцитивная сила. 3) остаточная намагниченность и критическое поле (поле перемангничивания). 4) поле перемангничивания и критический угол.

18. Основной механизм самодиффузии и диффузии в твердых растворах 1) примесный междоузельный, 2) вакансионный, 3) обменный, 4) циклический

19. Как изменяется коэрцитивная сила при уменьшении размера частицы: 1) сначала увеличивается, затем уменьшается; 2) сначала уменьшается, затем увеличивается; 3) не изменяется; 4) изменение коэрцитивной силы не связано с изменением размера частицы.

20. Какой из перечисленных факторов является причиной того, что диффузионный перенос по границам зёрен протекает значительно быстрее? 1) высокая концентрации дефектов в зоне контакта, 2) малая концентрация дефектов в зоне контакта, 3) температурный фактор, 4) правильного ответа нет.

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

8.3. Структура и примеры билетов для экзамена

Экзамен по дисциплине «Физические и химические свойства наноматериалов и наносистем» включает контрольные вопросы по разделам 1-4 учебной программы. Билет для экзамена состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы экзамена оцениваются из максимальной оценки 40 баллов по 20 баллов за каждый вопрос.

<p>«Утверждаю»</p> <p>Руководитель магистерской программы</p> <p>_____</p> <p>«__» _____ 20__г.</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	18.04.01 «Химическая технология» Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология наноматериалов»
	Физические и химические свойства наноматериалов и наносистем
<p align="center">Билет № 1</p> <p>1. Причины неустойчивости наночастиц. Методы стабилизации.</p> <p>2. Экспериментальные методы для определения параметров зернограничной диффузии..</p>	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Королёва М.Ю., Юртов Е.В. Физико-химические свойства наноматериалов и наносистем: учеб. пособие. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2024. – 240 с.
2. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева – 2010, т.1 - 148 с., т.2 – 112 с.
3. Юртов Е.В., Королева М.Ю. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева - 2010, - 152 с.
4. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности, ИД Интеллект, 2011 г., 568 с.

Б. Дополнительная литература

1. Шабанова, Н. А. Саркисов П. Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 328 с.
2. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006.-309 с.
3. Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л. Наноматериалы: учебное пособие /. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 365 с.
4. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 431 с.
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит. 2004. - 410 с.
6. Мурадова А.Г., Королёва М.Ю. Композиционные наноматериалы: учеб. пособие – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2023. – 128 с.
7. Генералов, М. Б. Основные процессы криохимической нанотехнологии. Теория и методы расчета: учебное пособие - СПб. Профессия, 2010. - 348 с.
8. Мурадова А.Г., Матвеева А.Г., Юртов Е.В., Бокштейн Б.С. Объемная и зернограничная диффузия. Методические указания по выполнению лабораторной работы, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018, 28 с.
9. Мурадова А.Г., Мурашова Н.М., Шарапаев А.И., Юртов Е.В. Самоорганизующиеся наноструктуры поверхностно-активных веществ. Лабораторный практикум, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018, 64 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

1. Реферативный журнал «Химия» (РЖХ), ISSN 0486-2325
2. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
3. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
4. Журнал «Коллоидный журнал», ISSN 0023-2912
5. Журнал «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X
6. Журнал «Журнал физической химии», ISSN 0044-4537
7. Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172
8. Журнал «Деформация и разрушение материалов»
9. Журнал «Химическая технология», ISSN 1684-5811

10. «Успехи в химии и химической технологии», ISSN 1506-2017
11. Nature Nanotechnology, ISSN 1748-3387, EISSN 1748-3395.
12. ACS Applied Materials & Interfaces, Print Edition ISSN: 1944-8244, Web Edition ISSN: 1944-8252.
13. ACS Nano, Print Edition ISSN 1936-0851, Web Edition ISSN 1936-086X
14. Nano Letters, Print Edition ISSN: 1530-6984, Web Edition ISSN: 1530-6992
15. Nano Today, ISSN 1748-0132.
16. Chemistry of Materials, Print Edition ISSN: 0897-4756, Web Edition ISSN: 1520-5002
17. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, ISSN 0927-7757
18. Langmuir, Print Edition ISSN: 0743-7463, Web Edition ISSN: 1520-5827
19. Политематические базы данных (БД): США: CAPLUS; COMPENDEX; Великобритания: INSPEC; Франция: PASCAL.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 8, (общее число слайдов – более 100);
- доклады ведущих российских и зарубежных ученых по наиболее актуальным направлениям развития науки о наноматериалах и нанотехнологии на сайте кафедры наноматериалов и нанотехнологии <http://nano.muctr.ru/conf> – более 30;
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 50);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 100).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

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

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

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

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

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

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

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

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

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам лекционного курса и практическим занятиям; образцы наноматериалов и изделий и продуктов с использованием наноматериалов.

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine		-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft		-	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"> • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath 		-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов. – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов; – навыками нахождения и использования 	<p>Семестр 1. Оценка за контрольную работу № 1.</p> <p>Оценка за научные доклады</p> <p>Оценка за участие в кафедральных семинарах</p> <p>Оценка на экзамене.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов.	
Раздел 2.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов. – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим 	<p>Семестр 1. Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка за научные доклады</p> <p>Оценка за участие в кафедральных семинарах</p> <p>Оценка на экзамене.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов;</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов. 	
Раздел 3.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области 	<p>Семестр 2. Оценка за контрольную работу № 1.</p> <p>Оценка за научные доклады</p> <p>Оценка за участие в кафедральных семинарах</p> <p>Оценка на экзамене.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>нанотехнологии и наноматериалов.</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов; – навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов. 	
Раздел 4.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – современные научные достижения и перспективные направления работ в области физических и химических свойств наноматериалов; – современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании наноматериалов; – физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; – прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить анализ научно-технической информации, в области физических и химических свойств наноматериалов; – определять эффективные физико-химические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания физико-химических свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; – способностью к критическому анализу и 	<p>Семестр 2. Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка за научные доклады</p> <p>Оценка за участие в кафедральных семинарах</p> <p>Оценка на экзамене.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов.</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам физико-химических свойств и химической технологии наноматериалов; – навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов. 	

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

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

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

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

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

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

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Флуоресцентные методы детектирования»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

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

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

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 **«Флуоресцентные методы детектирования»** относится к дисциплинам по выбору учебного плана, части, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физики оптических явлений.

Цель дисциплины - приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области изучения и использования флуоресцентных наноматериалов.

Задачи дисциплины - формирование у обучающихся системных глубоких знаний в области физических и химических процессов и технологии исследования флуоресцентных наноматериалов, способности анализировать и критически оценивать получаемые результаты, предлагать пути решения поставленных задач и находить среди них оптимальный.

Дисциплина **«Флуоресцентные методы детектирования»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и</p>	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	<p>ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов</p> <p>ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – 6)</p> <p>- Анализ опыта</p>

	<p>анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик;</p> <p>- Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами;</p> <p>- Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности</p>	<p>ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий</p>	<p>ПК-5.1 Знает основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем в современных технологических процессах</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – 6)</p> <p>- Анализ опыта</p>
--	--	---	---	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- физические основы люминесценции, флуоресценции;
- люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров;
- теоретические основы нанофотоники;
- метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии.

Уметь:

- формулировать требования к флуоресцентным материалам;
- проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения;
- применять теоретические знания по современным и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.

Владеть:

- навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений;
- навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	12,5
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	12,5
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	1,06	38	29
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Контактная самостоятельная работа	1,06	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		37,6	28,7
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Вид контроля:			
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа	в т.ч. в форме пр. подг.
1	Раздел 1. Основные понятия люминесценции. Определение, история, теоретические основы	24	-	6	6	-	12	-
1.1	Люминесценция, фосфоресценция, флуоресценция. Классификация	7	-	2	2	-	3	-
1.2	Люминесценция и ее основные закономерности	7	-	2	2	-	3	-
1.3	Флуоресцентные соединения	5	-	1	1	-	3	-
1.4	Применение	5	-	1	1	-	3	-
2	Раздел 2. Нанопотоника	28	8	7	7	4	14	4
2.1	Введение в терминологию	6	-	1	1	-	4	-
2.2	Свет и наночастицы	8	8	2	2	4	4	4
2.3	Фотонные кристаллы	14	-	4	4	-	6	-
3	Раздел 3. Субволновая микроскопия	20	-	4	4	-	12	-
3.1	Конфокальный флуоресцентный микроскоп.	10	-	2	2	-	6	-
3.2	Флуоресцентная микроскопия полного внутреннего отражения	10	-	2	2	-	6	-
	Всего часов	72	8	17	17	4	38	4

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Основные понятия люминесценции. Определение, история, теоретические основы

1.1. Люминесценция, фосфоресценция, флуоресценция. Классификация.

1.2. Люминесценция и ее основные закономерности. Спектры возбуждения, поглощения и люминесценции. Зависимость интенсивности люминесценции от концентрации. Спектральные закономерности молекулярной люминесценции: независимость спектра люминесценции от длины волны возбуждающего света; закон Стокса – Ломмеля; правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции – правило Левшина; универсальное соотношение между спектрами поглощения и люминесценции Степанова. Выход люминесценции. Закон Вавилова. Понятие антистоксовой флуоресценции. Законы затухания люминесценции. Тушение люминесценции.

1.3. Флуоресцентные соединения. Практика люминесцентного анализа актиноидных элементов. Люминесценция по свечению уранила в водных растворах и комплексных соединениях. Люминесценция кристаллофосфоров. Люминесцентные методы анализа, основанные на образовании тройных компонентов.

1.4. Применение флуоресцентных соединений. Место спектрально-оптических измерений в диагностике состояния биологических систем. Понятие неинвазивных и минимально инвазивных методов исследования. Преимущества и возможности флуоресцентной спектроскопии.

Раздел 2. Нанопотоника.

2.1. Введение в терминологию. Понятия «фотоника» и «нанопотоника». Взаимодействие света и вещества. Дифракционный предел.

2.2. Свет и наночастицы. Люминесценция на уровне наноструктур Активация и тушение люминесценции кремниевых наночастиц.

2.3. Фотонные кристаллы. Основы теории фотонных кристаллов. Моделирование оптических эффектов в фотонных кристаллах. Способы получения реальных фотонных кристаллов. Идея и принципы создания метаматериалов.

Раздел 3. Субволновая микроскопия.

3.1 Конфокальный флуоресцентный микроскоп. История развития. Принцип работы. Пространственное разрешение в конфокальной микроскопии. Применение.

3.2 Флуоресцентная микроскопия полного внутреннего отражения. Флуоресцентная наноскопия. Флуоресценция в биологических исследованиях. Детекция флуоресценции. Характеристики флуоресцентной эмиссии. Смежные явления, важные для биологических применений. Преимущества флуоресцентных методов исследования. Флуорофоры. Флуоресцентные зонды и метки. Методы флуоресцентной окраски клеток.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знает:				
1	– физические основы люминесценции, флуоресценции;		+	+	+
2	– люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров;		-	+	-
3	– теоретические основы нанофотоники;		-	+	+
4.	– метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии.		-	-	+
	Умеет:				
5	– формулировать требования к флуоресцентным материалам;		+	+	+
6	– проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения;		+	+	+
7	– применять теоретические знания по современным и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.		+	+	+
	Владеет:				
8	– навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений;		+	+	+
9	– навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов;		+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
10	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов	+	+	+
11		ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов	+	+	+
12					

	ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий	ПК-5.1 Знает основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем в современных технологических процессах	+	+	+
--	--	--	---	---	---

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 1	Соотношение спектров поглощения и флуоресценции	2
		Схематическое изображение процессов испускания и поглощения света	2
		Расчет квантового выхода флуоресценции	2
2	Раздел 2	Активация и тушение люминесценции кремниевых наночастиц	3
		Моделирование оптических эффектов в фотонных кристаллах	2
		Получение фотонных кристаллов	2
3	Раздел 3	Принцип работы конфокального флуоресцентного микроскопа	2
		Флуоресцентная наноскопия	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу курса;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к сдаче зачета по курсу.

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 30 баллов за каждую.

Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка контрольной работы составляет 30 баллов.

Каждая контрольная работа представляет собой набор из 8-10 контрольных заданий и вопросов, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 30 баллов. Контрольная работа содержит 8 вопросов. Для учёта различной сложности контрольных вопросов используется следующая шкала оценивания:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8
Балл	3	5	4	4	4	3	4	3

1. Люминесценция, фосфоресценция, флуоресценция. Основные понятия, классификация.
2. Соотношение спектров поглощения и флуоресценции
3. Схематическое изображение процессов испускания и поглощения света. Диаграмма Яблонского.
4. Квантовый выход флуоресценции.
5. Флуоресцентные соединения. Ядерные флуоресцентные красители.
6. Основные группы флуоресцентных красителей, применяемых для окрашивания нуклеиновых кислот.
7. Зонды для ПЦР в реальном времени.
8. Применение флуоресцентных материалов.

Раздел 2,3. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 30 баллов. Контрольная работа содержит 10 вопросов. Для учёта различной сложности контрольных вопросов используется следующая шкала оценивания:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Балл	2	3	3	4	2	3	5	3	3	2

1. Понятия «фотоника» и «нанопотоника»
2. Взаимодействие света и вещества. Дифракционный предел
3. Свет и наночастицы. Люминесценция на уровне наноструктур
4. Активация и тушение люминесценции кремниевых наночастиц
5. Фотонные кристаллы.
6. Основы теории фотонных кристаллов
7. Моделирование оптических эффектов в фотонных кристаллах
8. Способы получения реальных фотонных кристаллов
9. Характеристики флуоресцентной эмиссии. Смежные явления, важные для биологических применений
10. Преимущества флуоресцентных методов исследования. Флуорофоры. Флуоресцентные зонды и метки

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

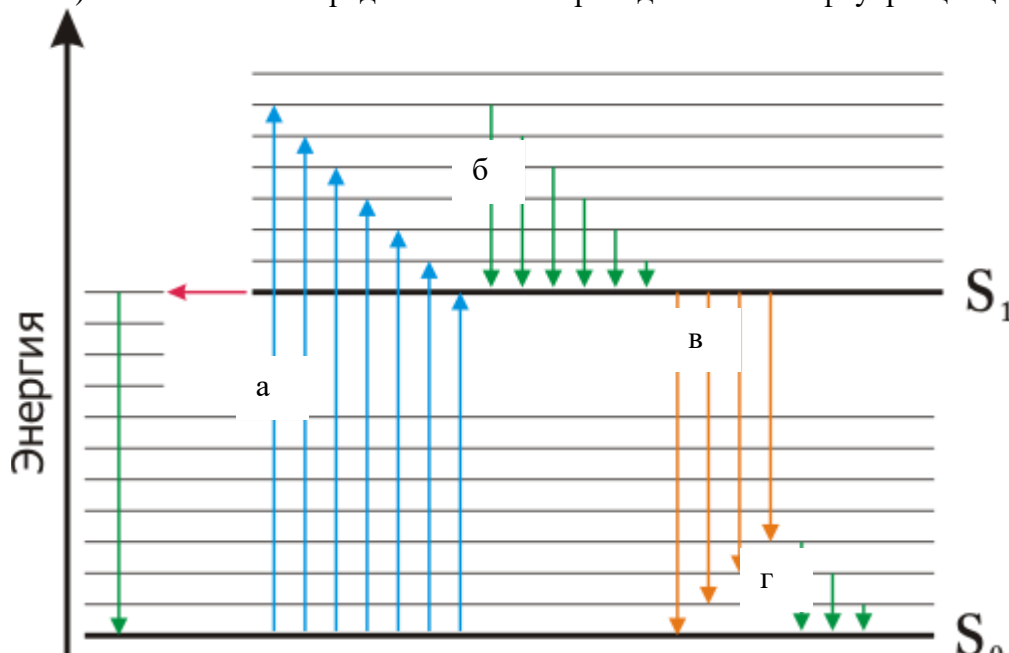
Итоговый контроль проводится в письменной - устной форме (зачет с оценкой). Билет для проведения зачета содержит 1 открытый вопрос, максимальная оценка за вопрос – 10 баллов и 6 вопросов тестовой части, максимальная оценка – 30 баллов, максимальная общая оценка – 40 баллов). Общая оценка зачета складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на зачете. Максимальная оценка зачета с оценкой – 100 баллов.

8.2.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой). Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов

1. Схематическое изображение процессов испускания и поглощения света. Диаграмма Яблонского.
2. Квантовый выход флуоресценции.
3. Флуоресцентные соединения. Ядерные флуоресцентные красители. Понятия «фотоника» и «нанопотоника».
4. Взаимодействие света и вещества. Дифракционный предел.
5. Основы теории фотонных кристаллов.
6. Конфокальная микроскопия.
7. Мультифотонная микроскопия.

Вопросы тестовой части

- 1) Какой из ниже представленных переходов является флуоресценцией?



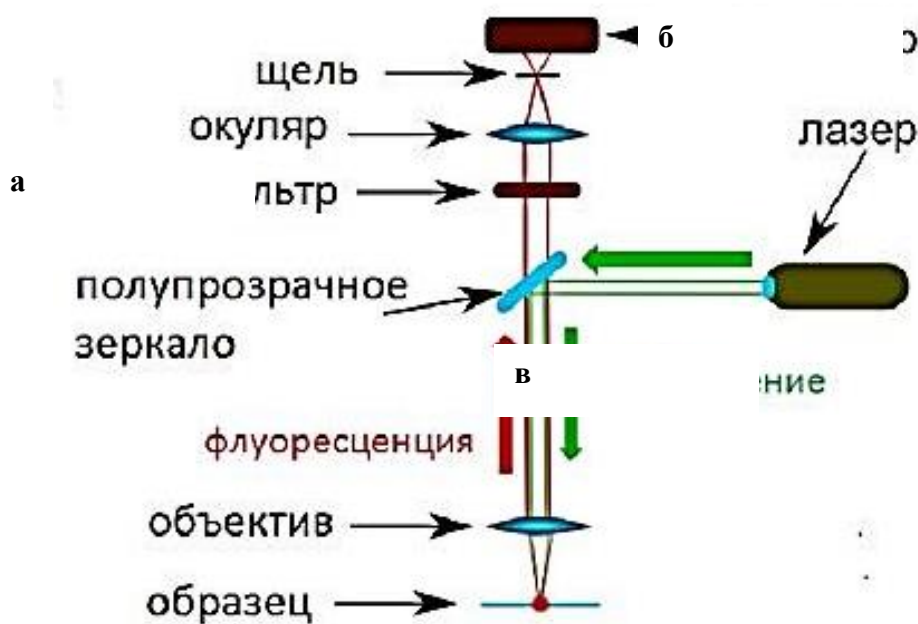
- 2) Стоксов сдвиг это

- а) разница длин волн минимумов спектров поглощения и флуоресценции.
- б) разница длин волн максимумов спектров поглощения и флуоресценции.
- в) разница частот максимумов спектров поглощения и флуоресценции.
- г) разница частот минимумов спектров поглощения и флуоресценции.

- 3) Какая длина волны относится к ультрафиолету?

- а) 700 нм
- б) 280 нм
- в) 500 нм
- г) 620 нм

- 4) Какое время жизни имеет флуоресцентное свечение?
- а) 10-15 сек
 - б) 1 – 2 часа
 - в) 10^{-9} – 10^{-6} сек
 - г) 10^{-2} сек
- 5) Как называется флуоресценция, возникающая в результате проведения химической реакции?
- а) Хемолюминесценция
 - б) Фотолюминесценция
 - в) Сонолюминесценция
 - г) Термолюминесценция
- 6) Какие наночастицы не являются люминесцирующими?
- а) CdS
 - б) Au
 - в) Fe_2O_3
 - г) ZnO
- 7) Какой микроскоп не относится к флуоресцентным?
- а) Конфокальный
 - б) Мультифотонный
 - в) Туннельный
- 8) Существенным недостатком конфокальной микроскопии является:
- а) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового или коротковолнового видимого диапазона, что разрушительно для живых клеток
 - б) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового диапазона, что разрушительно для живых клеток
 - в) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением коротковолнового видимого диапазона, что разрушительно для живых клеток
 - г) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового или коротковолнового видимого диапазона, что никак не влияет на живые клетки
- 9) К фильтрам флуоресцентного микроскопа не относится:
- а) Фильтр возбуждающего света
 - б) Дихроичные зеркала (интерференционные светофильтры)
 - в) Фильтр объектива
 - г) Запирающие фильтры (band pass BP)
- 10) Напишите, что показано буквами на рисунке:



11) Отличием FLIP от FRAP является:

- а) выжигание флуоресценции в одной и той же области образца производится один раз с целью предотвращения восстановления флуоресценции в ней.
- б) выжигание флуоресценции в одной и той же области образца производится несколько раз с целью предотвращения восстановления флуоресценции в ней.
- в) выжигание флуоресценции в одной и той же области образца производится один раз с целью предотвращения восстановления флуоресценции в ней.
- г) выжигание флуоресценции в одной и той же области образца производится несколько раз с целью предотвращения восстановления флуоресценции в ней.

12) Что необходимо для реализации метода FLAP

- а) один из красителей не должен визуализироваться, пока виден другой
- б) оба красителя должны визуализироваться одновременно и независимо
- в) оба красителя должны визуализироваться в разное время
- г) красители должны вступать в химическую связь друг с другом

13) При каком расстоянии будет происходить диполь-дипольное взаимодействие?

- а) 25 нм
- б) 12 нм
- в) 15 нм
- г) 9 нм

14) Скорость переноса не зависит от:

- а) от взаимной ориентации диполей донора и акцептора
- б) от времени жизни возбужденного состояния акцептора в отсутствие донора
- в) от времени жизни возбужденного состояния донора в отсутствие акцептора
- г) степени перекрывания спектров испускания донора и поглощения акцептора

15) Динамическое тушение:

- а) Влияет только на возбужденные состояния флуорофоров

- б) Влияет только на невозбужденные состояния флуорофоров
- в) Образование комплекса в основном состоянии часто приводит к возмущению спектра поглощения флуорофора
- г) Образование комплекса в основном состоянии часто приводит к возбуждению спектра поглощения флуорофора

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

8.3. Структура и примеры билетов для итогового контроля (зачет с оценкой)

Зачет с оценкой по дисциплине «*Флуоресцентные методы детектирования*» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для **зачета с оценкой** состоит из 7 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы **зачета с оценкой** оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 10 баллов, второй и последующий – 5 баллов.

Пример билета для **зачета с оценкой**:

<p>«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____</p>	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	18.04.01 «Химическая технология» Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология наноматериалов»
	Флуоресцентные методы детектирования
Билет № 1	
<p>1. Квантовый выход флуоресценции.</p> <p>2. Какая длина волны относится к ультрафиолету?</p> <p style="margin-left: 40px;">а) 700 нм б) 280 нм в) 500 нм г) 620 нм</p> <p>3. Какое время жизни имеет флуоресцентное свечение?</p> <p style="margin-left: 40px;">а) 10-15 сек б) 1 – 2 часа в) 10^{-9}–10^{-6} сек г) 10^{-2} сек</p> <p>4. Как называется флуоресценция, возникающая в результате проведения химической реакции?</p> <p style="margin-left: 40px;">а) Хемолюминесценция б) Фотолюминесценция в) Сонолюминесценция г) Термолюминесценция</p> <p>5. Какие наночастицы не являются люминесцирующими?</p> <p style="margin-left: 40px;">а) CdS б) Au в) Fe₂O₃</p>	

г) ZnO

6. Какой микроскоп не относится к флуоресцентным?

- а) Конфокальный
- б) Мультифотонный
- в) Туннельный

7. Существенным недостатком конфокальной микроскопии является:

- а) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового или коротковолнового видимого диапазона, что разрушительно для живых клеток
- б) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового диапазона, что разрушительно для живых клеток
- в) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением коротковолнового видимого диапазона, что разрушительно для живых клеток
- г) Возбуждение значительной части существующих флуорофоров осуществляется лазерным излучением ультрафиолетового или коротковолнового видимого диапазона, что никак не влияет на живые клетки

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Валиев Р.Р. Квантовая химия в спектроскопии. – Томск : Издательский дом Томского государственного университета, 2018. – 144 с.
2. Трахтенберг Л.И., Мельников М.Я. Металл/полупроводник содержащие композиты. М.: Техносфера, 2016. – 624 с.

Б. Дополнительная литература

1. Дёмин В.В., Половцев И.Г. Фотометрия и ее применения : учебное пособие. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. – 344 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

- Journal of Fluorescence ISSN: 1053-0509 (Print) 1573-4994 (Online) Журнал

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

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

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

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

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

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

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

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

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

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине *«Флуоресцентные методы детектирования»* проводятся в форме лекционных занятий, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

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

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам лекционного курса и практическим занятиям.

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath 	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Раздел 1. Основные понятия люминесценции. Определение, история, теоретические основы</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физические основы люминесценции, флуоресценции; – люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров; – теоретические основы нанофотоники; – метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – формулировать требования к флуоресцентным материалам; – проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения; – применять теоретические знания по современным и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений; – навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов. 	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</p>
<p>Раздел 2. Нанофотоника.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физические основы люминесценции, флуоресценции; – люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров; – теоретические основы нанофотоники; – метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – формулировать требования к флуоресцентным материалам; – проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения; – применять теоретические знания по современным 	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p>

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений; – навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов. 	
<p>Раздел 3. Субволновая микроскопия.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физические основы люминесценции, флуоресценции; – люминесцентные характеристики основных флуорофоров и хромофоров; – теоретические основы нанофотоники; – метод исследования объектов методами флуоресцентной микроскопии. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – формулировать требования к флуоресцентным материалам; – проводить флуоресцентные исследования, оценить достоверность получаемых экспериментальных данных; представить результаты эксперимента в форме, соответствующей области применения; – применять теоретические знания по современным и перспективным видам флуоресцентных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам флуоресцентных соединений; – навыками освоения и применения флуоресцентных методов исследования для анализа материалов. 	<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).

**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

«Анализ данных»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

Программа составлена: заведующим кафедрой наноматериалов и нанотехнологии,
д.ф.м.н., 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 – магистратура по направлению подготовки 18.04.01 *Химическая технология* (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 «**Анализ данных**» относится к дисциплинам по выбору обучающегося вариативной части учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют базовую математическую подготовку, а также основные экспериментальные навыки химической и химико-технологической направленности.

Цель дисциплины – формирование у студентов навыков анализа данных, понятия распределения, применимости статистических методов обработки к анализу результатов измерений.

Задачи дисциплины – формирование у обучающихся знаний и умений, связанных с обеспечением достаточной надежности результатов исследований в области в том числе в области материаловедения, нанотехнологии и наноматериалов.

Дисциплина «**Анализ данных**» преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **общепрофессиональных 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
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвердых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий;</p> <p>- Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа</p>	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	<p>– ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов</p> <p>– ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-</p>
		ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а	ПК-5.1 Знает основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем	

	<p>полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик;</p> <p>- Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами;</p> <p>- Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности</p>	<p>также смежных дисциплин для развития современных технологий</p>	<p>современных технологических процессах</p> <p>ПК-5.2 Умеет адаптировать результаты научных исследований в области наноматериалов и наносистем для технологических применений</p> <p>ПК-5.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для представления в виде публикации в научных журналах, написания заявок на патенты, подготовки технических заданий на исследовательские и технологические работы</p>	<p>конструкторских работ по тематике организации – б)</p> <p>- Анализ опыта</p>
--	--	--	---	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

знать:

- основные понятия используемые при анализе данных;
- принципы выбора критериев в части точности измерений, объемов выборок подбора условий для планирования экспериментов в области наноматериалов и наносистем

уметь:

- анализировать научную информацию о свойствах наноматериалов и адаптировать классические методики для анализа наносистем;

владеть:

- опытом обработки результатов, включая принципы отброса результатов измерений, доказательства различимости и неразличимости результатов измерений параметров систем, включая наносистемы;
- опытом представления результатов экспериментальных исследований, принятых в научной и технической литературе (статьи, патенты, ноу-хау);

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,69	25	18
Лекции	0	0	0
Практические занятия (ПЗ)	0,47	17	13
Лабораторные работы	0,22	8	6
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	6
Самостоятельная работа	2,31	83	62
Контактная самостоятельная работа	1,81	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		65	69,7
Вид итогового контроля:	Зачет		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. работы	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Введение. Понятие анализ данных	20	0	2	4	0	14
1.1	Общее представленные о данных. Данные как результат исследований	9	0	1	2	0	6
1.2	Прямые и косвенные измерения. Данные, как результат измерений.	11	0	1	2	0	8
2	Раздел 2. Анализ данных и обработка результатов	45	2	3	6	2	36
2.1	Статистическая обработка первичных данных.	11	0	1	2		8
2.2	Сравнение результатов. Различимость и неразличимость средних значений и выборок.	17	2	1	2	2	14
2.3	Многомодальные распределения. Обработка спектральных данных.	17		1	2		14
3.	Раздел 3 Корреляция и регрессии.	43	2	3	7	2	33
3.1	Корреляционный анализ. Выводы из корреляций	15	0	1	2	0	12
3.2	Регрессионный анализ. Выводы из регрессий	16	2	1	3	2	12
3.3.	Заключение и выводы по полученным данным. Результаты исследований	12	0	1	2	0	9
	ИТОГО	108	4	8	17	4	83

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение. Понятие анализ данных

1.1. Общее представление о данных. Данные как результат исследований

Данные и массивы данных. Формы представление данных. Компактность представления.

1.2. Прямые и косвенные измерения. Данные, как результат измерений.

Понятие прямых и косвенных измерений. Основные виды ошибок при прямых измерениях. Обработка результатов прямых измерений. Экспериментальное получение данных методом прямых измерений. Ошибки косвенных измерений. Обработка результатов косвенных измерений. Экспериментальное получение данных методом косвенных измерений.

Раздел 2. Анализ данных и обработка результатов

2.1 Статистическая обработка первичных данных. Нормальное распределение, основные характеристики. Средняя величина и математическое ожидание. Дисперсия и эмпирическая оценка дисперсии. Основные уравнения для расчета вероятности событий. Применение к анализу данных.

2.2 Первичная обработка результатов. Отброс грубых ошибок. Оценка средних. Различимость и неразличимость результатов. Расчет ошибки косвенных измерений. Интерпретация результатов измерений. Различимость данных. Представление о зависимостях.

2.3. Многомодальные распределения. Обработка спектральных данных.

Достаточность описания. Надежность выявления малых эффектов. Критерии хи-квадрат и Фишера.

Раздел 3. Корреляция и регрессии.

3.1. Корреляционный анализ. Выводы из корреляций

Представление о корреляции величин. Выявление корреляций и возможность использования корреляций в научных исследованиях.

3.2. Регрессионный анализ. Выводы из регрессий

Понятие регрессии. Выбор удобных представлений. Параметры регрессионных зависимостей. Ошибки при использовании уравнений.

3.3. Заключение и выводы по полученным данным. Результаты исследований

Формулирование заключений и выводов исследований. Достоверность выводов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

знать:

- основные понятия используемые при анализе данных;
- принципы выбора критериев в части точности измерений, объемов выборок подбора условий для планирования экспериментов в области наноматериалов и наносистем

уметь:

- анализировать научную информацию о свойствах наноматериалов и адаптировать классические методики для анализа наносистем;

владеть:

- опытом обработки результатов, включая принципы отброса результатов измерений, доказательства различимости и неразличимости результатов измерений параметров систем, включая наносистемы;
- опытом представления результатов экспериментальных исследований, принятых в научной и технической литературе (статьи, патенты, ноу-хау);

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	– основные понятия используемые при анализе данных;	+	+	+
2	– принципы выбора критериев в части точности измерений, объемов выборок подбора условий для планирования экспериментов в области наноматериалов и наносистем	+	+	+
	Уметь:			
4	– анализировать научную информацию о свойствах наноматериалов и адаптировать классические методики для анализа наносистем;	+	+	+
	Владеть:			
5	– опытом обработки результатов, включая принципы отброса результатов измерений, доказательства различимости и неразличимости результатов измерений параметров систем, включая наносистемы;	-	+	+
6	– опытом представления результатов экспериментальных исследований, принятых в научной и технической литературе (статьи, патенты, ноу-хау);			+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:				

	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
7	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	<p>– ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов</p> <p>– ПК-4.3 Владеет опытом получения, обработки, анализа и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологии и смежных дисциплин</p>	+	+	+
8	ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий	<p>ПК-5.1 Знает основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем в современных технологических процессах</p> <p>ПК-5.2 Умеет адаптировать результаты научных исследований в области наноматериалов и наносистем для технологических применений</p> <p>ПК-5.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для представления в виде публикации в научных журналах, написания заявок на патенты, подготовки технических заданий на исследовательские и технологические работы</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	Понятие данных. Массивы данных. Способы представления данных.	2
2	Раздел 1	Основные характеристики массивов данных. Распределения.	2
3	Раздел 2	Прямые и косвенные измерения. Источники ошибок измерений.	2
4	Раздел 2	Проведение измерений для определения плотности как результат прямых и косвенных измерений (практическое).	2
5	Раздел 2	Обработка результатов определения плотности как результат косвенных измерений.	2
6	Раздел 2	Сложные распределения. Определение размеров частиц. Моно- и би- модальные распределения	2
7	Раздел 3	Корреляции. Расчет параметров корреляции.	1
8	Раздел 3	Регрессии. Параметры регрессии. Метод наименьших квадратов как способ определения параметров регрессии. Расчет ошибок коэффициентов.	2

6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	Раздел 2	Проведение измерений для определения плотности как результат прямых измерений (практическое).	2
2	Раздел 2	Проведение измерений для определения плотности как результат прямых и косвенных измерений (практическое).	2
3	Раздел 2	Проведение измерений для получения мультимодального распределения. Размер частиц.	4

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 40 баллов), обработку результатов экспериментов (максимальная оценка 30 баллов), определение параметров регрессии (максимальная оценка 20 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. Работы Уильяма Гессета
2. Работы Пирсона
3. Работы Фишера.
4. Критерии отбраковки грубых ошибок.

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

Расчет средней величины, дисперсии, ошибки прямых измерений.

Расчет ошибки косвенных измерений.

Значимость расхождения результатов.

Расчет параметров регрессии и точность определения параметров регрессии

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

8.4. Структура и примеры билетов для экзамена

Экзамен по дисциплине «*Анализ данных*» не предусмотрен учебным планом. Зачёт проставляется на основе работ, выполненных в семестре при условии, что выполнено более 70 % предложенных заданий, на уровне не менее 75% (возможно наличие недочетов).

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Румшицкий Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента: справ. руководство М.: Наука, 1971
2. Карасев В.А., Михайлова И. Ю., Румшицкий Л.З. Троицкая С.Д Организация эксперимента: Учеб. пособие для практ. занятий: Учеба, 1998

Б. Дополнительная литература

Мельниченко А.С. Математическая статистика и анализ данных: учеб. пособие
Электронная библиотека М.: МИСиС, 2018

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

Для реализации данной дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения:

- компьютерные презентации к лекционным занятиям, общее число слайдов – более 40;
- 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 *«Основы научных исследований»* проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Иллюстрации к разделам дисциплины; распечатки слайдов презентаций.

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

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

	В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath 	26.05.2020		продления лицензии
--	--	------------	--	-----------------------

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

знать:

- основные понятия используемые при анализе данных;
- принципы выбора критериев в части точности измерений, объемов выборок подбора условий для планирования экспериментов в области наноматериалов и наносистем

уметь:

- анализировать научную информацию о свойствах наноматериалов и адаптировать классические методики для анализа наносистем;

владеть:

- опытом обработки результатов, включая принципы отброса результатов измерений, доказательства различимости и неразличимости результатов измерений параметров систем, включая наносистемы;

опытом представления результатов экспериментальных исследований, принятых в научной и технической литературе (статьи, патенты, ноу-хау);

Наименование Разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Введение. Понятие анализ данных	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основные понятия используемые при анализе данных; <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать научную информацию о свойствах наноматериалов и адаптировать классические методики для анализа наносистем; 	Оценка за эссе
Раздел 2. Анализ данных и обработка результатов	<p><i>знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основные понятия используемые при анализе данных; – принципы выбора критериев в части точности измерений, объемов выборок подбора условий для планирования экспериментов в области наноматериалов и наносистем <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить оценку точности и надежности получаемых результатов; <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – методами обработки получаемых данных и представления результатов; 	Оценка за: Анализ результатов прямых и косвенных измерений. Обработка результатов измерений.
Раздел 3 Корреляция и регрессии.	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основные понятия используемые при анализе данных; 	Решение задач по темам корреляционный и регрессионный

	<p><i>умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать научную информацию о свойствах наноматериалов и адаптировать классические методики для анализа наносистем; <p><i>- Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – опытом обработки результатов, включая принципы отброса результатов измерений, доказательства различимости и неразличимости результатов измерений параметров систем, включая наносистемы; опытом представления результатов экспериментальных исследований, принятых в научной и технической литературе (статьи, патенты, ноу-хау); 	анализ
--	--	--------

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

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

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

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

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

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

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Биологическое действие наноматериалов»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

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 – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 **«Биологическое действие наноматериалов»** относится к обязательным дисциплинам учебного плана, к части, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общей и неорганической химии, органической химии, биохимии и физикохимии наноматериалов.

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

Задачи дисциплины:

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

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

Дисциплина **«Биологическое действие наноматериалов»** преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>- Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвёрдых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий; - Методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и</p>	<p>ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов</p>	<p>ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н D Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) - Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – 6) - Анализ опыта</p>

	<p>анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик;</p> <p>- Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами;</p> <p>- Нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и жизнедеятельности</p>	<p>ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных технологий</p>	<p>ПК-5.1 Знает основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем в современных технологических процессах</p> <p>ПК-5.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для представления в виде публикации в научных журналах, написания заявок на патенты, подготовки технических заданий на исследовательские и технологические работы</p>	<p>- Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н</p> <p>Д Управление методами и средствами проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7)</p> <p>- Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н.</p> <p>С Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации – б)</p> <p>- Анализ опыта</p>
--	---	---	--	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

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

Уметь:

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

Владеть:

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

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,41	51	38
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Лекции	0,47	17	13
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Самостоятельная работа	2,59	93	70
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Контактная самостоятельная работа	2,59	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		92,6	69,7
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов			
		Всего	Лек- ции	Прак. зан.	Сам. работа
1	Раздел 1. Вопросы токсичности наноматериалов	40	8	16	16
1.1	Основные понятия токсикологии	10	2	4	4
1.2	Действие токсичных веществ на организм	10	2	4	4
1.3	Токсичность наночастиц и наноматериалов	20	4	8	8
2	Раздел 2. Механизмы биологического действия наночастиц	28	4	8	16
2.1	Наночастицы и продукция свободных радикалов	14	2	4	8
2.2	Наночастицы и иммунная система	14	2	4	8
3	Раздел 3. Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ в организме	22	3	6	13
4	Раздел 4. Разнообразие биологического действия наноматериалов	17	2	2	13
	Реферат	17	0	2	15
	Подготовка к зачету	20	-	-	20
	Форма контроля - зачет с оценкой				
	Всего часов	144	17	34	93

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Вопросы токсичности наноматериалов.

1.1. Основные понятия токсикологии

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

1.2. Действие токсичных веществ на организм.

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

1.3. Токсичность наночастиц и наноматериалов

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

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

Раздел 2. Механизмы биологического действия наночастиц

2.1. Наночастицы и продукция свободных радикалов.

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

2.2. Наночастицы и иммунная система.

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

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

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

Раздел 4. Разнообразие биологического действия наноматериалов.

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

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	– основные понятия токсикологии и нанотоксикологии;	+			
2	– особенности и механизмы действия наночастиц на живые системы;	+	+	+	+
	Уметь:				
3	– правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами, выбирать средства защиты;	+	+		+
4	– анализировать научную информацию о биологическом действии наноматериалов;	+	+	+	+
5	– применять теоретические знания по биологическому действию наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач;	+	+	+	+
	Владеть:				
6	– информацией о токсичности различных видов наночастиц и наноматериалов;	+	+		+
7	– информацией о возможностях применения наночастиц и наноматериалов в медицине;			+	+
8	– методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с биологическим действием наноматериалов	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
9	ПК-4 Способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, изучению и применению наносистем и наноматериалов, к анализу и обобщению их результатов	ПК-4.1 Знает методы и средства проведения исследований и разработок в области наносистем и наноматериалов	+	+	+
10		ПК-4.2 Умеет определять пути решения научных и технических задач в области исследования и разработки наноматериалов	+	+	+
11	ПК-5 Способен к реализации результатов исследований в области наноматериалов и наносистем, а также смежных дисциплин для развития современных	ПК-5.1 Знает основные направления применения наноматериалов, нанотехнологий и наносистем в современных технологических процессах	+	+	+

12	технологий	ПК-5.3 Владеет навыками подготовки результатов научно-исследовательских работ для представления в виде публикации в научных журналах, написания заявок на патенты, подготовки технических заданий на исследовательские и технологические работы	+	+	+	+
----	------------	---	---	---	---	---

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

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

6.2 Лабораторные занятия

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

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины *«Биологическое действие наноматериалов»* самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 93 акад. часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

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

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

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

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

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

Объем реферата составляет 2-3 стр.

План реферата.

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

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

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Предлагаются следующие возможные темы для докладов на практических занятиях.

Раздел «Вопросы токсичности наноматериалов»

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

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

Раздел «Механизмы биологического действия наночастиц».

1. Применение наночастиц TiO_2 , ZnO и SiO_2 в промышленности и в косметике.

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

Раздел «Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ в организме»

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

Раздел «Разнообразие биологического действия наноматериалов»

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

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

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов.

Зачет проводится в виде написания теста.

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

8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины

Примеры вопросов с вариантами ответов.

1) Токсичность - это

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

2) Гомеостаз - это способность биологического объекта

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

3) При функциональной кумуляции происходит:

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

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

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

5) Наночастицы химически инертных полимеров, например, фторопласта:

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

6) Не могут вызывать окислительный стресс и воспалительную реакцию:

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

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

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

8) В качестве неорганических носителей лекарственных веществ могут использоваться

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

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

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

10) Наночастицы на основе Fe_3O_4

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

Примеры открытых вопросов

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

2. Понятие гомеостаза. Примеры гомеостаза у млекопитающих.

3. Острое и хроническое воздействие. Отдаленные последствия.

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

5. Особенности действия частиц в наноразмерном состоянии.

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

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

8. Наночастицы и окислительный стресс. Примеры.

9. Воспалительная реакция при действии наночастиц.

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

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

8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

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

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

Пример билета для **зачета с оценкой**

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

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

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

Б. Дополнительная литература

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

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данного курса подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

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

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

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

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

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

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

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

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

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

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

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

11.2. Учебно-наглядные пособия:

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

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

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

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

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

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

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	-	бессрочно
2	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии
3	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath 	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Вопросы токсичности наноматериалов	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - основные понятия токсикологии и нанотоксикологии; - механизмы действия токсичных веществ и антидотов; - особенности и механизмы действия наночастиц на живые системы; <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами, выбирать средства защиты; - анализировать научную информацию о биологическом действии наноматериалов; 	<p>Оценка за доклады.</p> <p>Оценка за защиту реферата.</p> <p>Оценка на зачете.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<ul style="list-style-type: none"> - применять теоретические знания по биологическому действию наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - информацией о токсичности различных видов наночастиц и наноматериалов; - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с биологическим действием наноматериалов; 	
<p>Раздел 2. Механизмы биологического действия наночастиц</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - механизмы действия токсичных веществ и антидотов - особенности и механизмы действия наночастиц на живые системы <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами, выбирать средства защиты; - анализировать научную информацию о биологическом действии наноматериалов; - применять теоретические знания по биологическому действию наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - информацией о токсичности различных видов наночастиц и наноматериалов; - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами, связанными с биологическим действием наноматериалов; 	<p>Оценка за доклады. Оценка за защиту реферата. Оценка на зачете.</p>
<p>Раздел 3. Наноматериалы для направленного транспорта лекарственных веществ в организме.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - особенности и механизмы действия наночастиц на живые системы <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - правильно оценивать риск при работе с различными наночастицами и наноматериалами, выбирать средства защиты; - анализировать научную информацию о биологическом действии наноматериалов; - применять теоретические знания по биологическому действию наночастиц и наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - информацией о возможностях применении 	<p>Оценка за доклады. Оценка за защиту реферата. Оценка на зачете.</p>

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

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

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

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

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

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

**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

«Инструментальные методы исследования в химической технологии»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

**Магистерская программа – «Нанохимия и химическая технология
наноматериалов»**

Квалификация «магистр»

Москва 2025

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

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

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**, 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 **«Инструментальные методы исследования в химической технологии»** относится к обязательной части учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физико-химических методов анализа.

Цель дисциплины – - приобретение обучающимися знаний и необходимых навыков, достаточных для самостоятельного выбора инструментальных методов анализа наноразмерных и наноструктурированных материалов, а также развитие компетенций, необходимых химикам-технологам в зависимости от круга решаемых исследовательских задач.

Задачи дисциплины:

- формирование представлений о различных инструментальных методах анализа наноматериалов, их теоретических основах и принципах работы;
- Формирование компетенций по выбору и применению соответствующих методов анализа, основанных на специфике исследуемых наноматериалов и задач;
- изучение теоретических основ электрохимических, спектроскопических и термических методов исследования материалов и возможностей их применения в химических технологии;
- формирование навыков исследования материалов электрохимическими, спектроскопическими и термическими методами.

Дисциплина **«Инструментальные методы исследования в химической технологии»** преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

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

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Научные исследования и разработки	ОПК-1. Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок.	ОПК-1.1 Знает методологические основы научного знания; ОПК-1.2. Знает теоретические и эмпирические методы исследования; ОПК-1.3. Знает методологию диссертационного исследования и подготовки выпускной квалификационной работы; ОПК-1.4. Умеет использовать методы научного исследования при решении научных задач; ОПК-1.5 Умеет формулировать и представлять результаты научного исследования; ОПК-1.6 Владеет методами научного исследования; ОПК-1.7 Владеет приемами формулирования основных компонентов научного исследования и изложения научного труда (выпускной квалификационной работы).
Профессиональная методология	ОПК-2. Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты для решения производственных и научных задач	ОПК-2.1. Знает теорию физико-химических методов анализа ОПК-2.2. Знает принципы работы основных приборов в инструментальных методах химического анализа ОПК-2.3. Знает методы целенаправленного сбора и анализа научной литературы ОПК-2.4. Умеет применять приобретенные практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных задач ОПК-2.5. Умеет анализировать научную литературу с целью выбора направления исследования по заданной теме ОПК-2.6. Владеет идеологией и системой выбора инструментальных методов химического анализа, а также оценкой возможностей каждого метода ОПК-2.7. Владеет метрологическими основами инструментальных методов анализа ОПК-2.8. Владеет способами обработки полученных результатов и анализа их с учетом имеющихся литературных данных

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

Основные принципы и физико-химические основы инструментальных методов анализа материалов (спектроскопия, электрохимические и термические методы анализа).

Характеристики и особенности наноразмерных и наноструктурированных материалов, влияющие на выбор методов исследования.

Типы и возможности современных аналитических приборов и оборудования для исследования материалов.

Основы обработки и интерпретации экспериментальных данных, полученных с помощью различных методов инструментального анализа.

Требования к подготовке проб и образцов для различных методов исследования.

Методы количественного и качественного анализа состава и структуры материалов.

Основные критерии выбора оптимального метода исследования в зависимости от конкретной научной или технологической задачи.

Уметь:

Выполнять подготовку образцов к инструментальному анализу.

Применять выбранные инструментальные методы для анализа структуры, состава и свойств материалов.

Работать с современным аналитическим оборудованием и программным обеспечением.

Осуществлять сбор, систематизацию и статистическую обработку экспериментальных данных.

Определять погрешность измерений и анализировать источники ошибок.

Интерпретировать полученные результаты с точки зрения их научного и практического значения.

Составлять отчетную документацию и научные отчеты по результатам исследований.

Обосновывать выбор конкретного метода исследования в соответствии с поставленной задачей.

Владеть:

Практическими навыками работы на современном инструментальном оборудовании (спектрофотометр, рН-метр и др.).

Навыками самостоятельного планирования и проведения экспериментов по исследованию материалов.

Умением использовать специализированные программные средства для обработки и анализа экспериментальных данных.

Навыками критической оценки результатов и их корректного представления в научной и технической документации.

Способностью применять знания и навыки для решения задач, возникающих в научно-исследовательской и производственной деятельности в области материаловедения и химической технологии.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,89	68	51
в том числе в форме практической подготовки			
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	1,44	52	39
в том числе в форме практической подготовки	0,5	18	13,5
в том числе в форме лабораторных работ	0,94	34	25,5
Самостоятельная работа	1,11	40	30
Контактная самостоятельная работа	1,11	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		39,8	29,85
Вид контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п.п.	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек-ции	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. работы	Сам. работа
1	Электрохимические методы исследования наноматериалов	16	4	4	12	4	8	10
1.1	Теоретические основы электрохимических методов. Потенциометрия.	8	1	2	6	1	4	4
1.2	Кулонометрические методы. Вольтамперометрия.	2	1	1	1	1	-	-
1.3	Кондуктометрические методы исследования. Электрогравиметрические исследования наноматериалов.	8	2	1	7	2	4	4
2	Спектроскопические исследования наноматериалов	23	6	5	18	6	12	10
2.1	Теоретические основы	1	-	1	-	-	-	-

	спектроскопических методов исследования, их разновидности.							
2.2	Атомная спектроскопия. Разновидности методов анализа.	4	2	2	2	2	-	2
2.3	Исследования наноматериалов методами молекулярной спектроскопии. Основы методов. Инфракрасная спектроскопия.	18	4	2	16	4	12	8
3	Термический анализ наноматериалов	29	8	7	20	8	14	20
3.1	Основы термического анализа наноматериалов	1	-	1	-	-		2
3.2	Аппаратурно-техническое оформление термического анализа	8	2	2	6	2	4	6
3.3	Экспериментальные кривые ТГ-ДСК и артефакты	16	6	2	14	6	10	10
3.4	Комплексные термические исследования наноматериалов	2	-	2	-	-	-	2
	Всего часов	108		16				40

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Электрохимические методы исследования

Теоретические основы электрохимических методов.

Роль электрохимии в исследовании наноматериалов. Электрохимические процессы на поверхности наноматериалов. Электрохимическая ячейка. Ячейки без жидкостного соединения и с жидкостным соединением. Диффузионный потенциал. Принцип действия индикаторных и электродов сравнения. Равновесные и неравновесные электрохимические системы. Классификация электрохимических методов.

Потенциометрия.

Теория Нернста и основное уравнение потенциометрии. Типы электродов: электроды первого и второго рода, окислительно-восстановительные, мембранные электроды. Ионоселективные электроды, применение различных типов электродов в потенциометрии. Классификация ионоселективных электродов. Измерение потенциала ионоселективного электрода. Ионметрия. Потенциометрическое титрование. Аппаратура для потенциометрического анализа. Преимущества, недостатки и ограничения метода потенциометрии. Особенности применения в анализе наноматериалов.

Кулонометрические методы.

Основы метода. Измерение количества электричества. Прямая кулонометрия. Кулонометрическое титрование.

Вольтамперометрия.

Основы метода. Полярография. Современные вольтамперометрические методы. Амперометрическое титрование. Вольтамперометрическое определение органических соединений.

Кондуктометрические методы исследования.

Введение в кондуктометрию: определение и сущность метода, основанного на измерении электропроводности растворов. Типы кондуктометрических методов: прямая кондуктометрия, кондуктометрическое титрование, хронокондуктометрия. Принципы построения и чтения кондуктометрических кривых титрования. Аппаратура для кондуктометрических измерений: кондуктометры и особенности их работы. Области применения кондуктометрии в промышленности, экологии, фармации. Применение кондуктометрических методов анализа в нанотехнологии.

Электрогравиметрические исследования.

Основы электрогравиметрии: принцип осаждения аналитического вещества на электроде под действием электрического тока. Конструкция электродов и схема электрохимической ячейки для электрогравиметрии. Процедуры проведения измерений и обработка результатов. Преимущества и ограничения электрогравиметрического метода. Примеры использования в аналитической химии и промышленном анализе.

Раздел 2. Спектроскопические исследования.

Теоретические основы спектроскопических методов исследования, их разновидности.

Классификация спектроскопических методов. Спектры испускания и спектры поглощения. Характеристики спектральных линий. Регистрация и графическое представление спектров. Оборудование для проведения спектральных исследований. Применение для изучения квантовых точек и дефектов в наноматериалах. Комбинирование спектроскопических техник с микроскопией.

Атомная спектроскопия. Разновидности методов анализа.

Атомно-эмиссионная спектроскопия: основы метода. Помехи при проведении анализа. Способы монохроматизации и регистрации спектров. Применение атомно-эмиссионной спектроскопии. Атомно-абсорбционная спектроскопия: основы метода. Источники излучения. Атомно-флуоресцентная спектроскопия. Рентгеновская спектроскопия: основы метода. Рентгеновский спектрометр. Оже-спектроскопия для анализа состава поверхности наноматериалов

Исследования методами молекулярной спектроскопии.

Молекулярная абсорбционная спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой областях: основы метода. Законы светопоглощения в спектрофотометрии. Аппаратура для спектрофотометрии. Инфракрасная спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния: основы методов. Приборы и методика регистрации спектров. Молекулярная люминесценция: основы метода. Аппаратура и техника молекулярного люминесцентного анализа. Спектроскопия поглощения и люминесценции наноматериалов.

Раздел 3. Термический анализ материалов.

Основы термического анализа наноматериалов.

Основные виды термического анализа: термогравиметрический анализ (ТГА), дифференциально-термический анализ (ДТА) и дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Динамический и изотермические режимы термических методов анализа. Области применения термических методов анализа наноматериалов.

Аппаратурно-техническое оформление термического анализа.

Типы термопар, используемых при проведении термического анализа. Тигли для проведения термического анализа. Совместимость термопар и тиглей с исследуемыми материалами. Печи – области применимости печей различной конструкции.

Экспериментальные кривые ТГ-ДСК и артефакты.

Влияние скорости реакций и условия проведения эксперимента (размер тигля, формы держателя, пробы, скорости нагрева, влияние атмосферы в печи) на форму дифференциальной кривой. Источники ошибок и погрешностей при проведении термического анализа наноматериалов. Влияние формы тигля и возможного движения образца. Артефакты, вызванные изменением внешних условий.

Комплексные термические исследования 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. 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.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:			
1	– Основные принципы и физико-химические основы инструментальных методов анализа материалов (спектроскопия, электрохимические и термические методы анализа).	+	+	+
2	– Характеристики и особенности наноразмерных и наноструктурированных материалов, влияющие на выбор методов исследования.;	+	+	+
3	– Типы и возможности современных аналитических приборов и оборудования для исследования материалов;	+	+	+
4	– Основы обработки и интерпретации экспериментальных данных, полученных с помощью различных методов инструментального анализа;	+	+	+
5	– Требования к подготовке проб и образцов для различных методов исследования	+	+	+
6	– Методы количественного и качественного анализа состава и структуры материалов	+	+	+
7	– Основные критерии выбора оптимального метода исследования в зависимости от конкретной научной или технологической задачи	+	+	
	Уметь:			
8	– Выполнять подготовку образцов к инструментальному анализу;	+	+	+
9	– Применять выбранные инструментальные методы для анализа структуры, состава и свойств материалов;	+	+	+
10	– Работать с современным аналитическим оборудованием и программным обеспечением.	+	+	+
11	– Осуществлять сбор, систематизацию и статистическую обработку экспериментальных данных	+	+	+
12	– Определять погрешность измерений и анализировать источники ошибок	+		+
13	– Интерпретировать полученные результаты с точки зрения их научного и практического значения	+	+	+
14	– Составлять отчетную документацию и научные отчеты по результатам исследований	+	+	+

15	– Обосновывать выбор конкретного метода исследования в соответствии с поставленной задачей	+	+	+	
	Владеть:				
16	– Практическими навыками работы на современном инструментальном оборудовании (спектрофотометр, рН-метр и др.);	+	+		
17	– Навыками самостоятельного планирования и проведения экспериментов по исследованию материалов.	+	+	+	
18	– Умением использовать специализированные программные средства для обработки и анализа экспериментальных данных	+	+	+	
19	– Навыками критической оценки результатов и их корректного представления в научной и технической документации	+	+	+	
20	– Способностью применять знания и навыки для решения задач, возникающих в научно-исследовательской и производственной деятельности в области материаловедения и химической технологии	+	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:					
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
11	ОПК-1. Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок	ОПК-1.1 Знает методологические основы научного знания;	+	+	+
12		ОПК-1.2 Знает теоретические и эмпирические методы исследования;	+	+	+
13		ОПК-1.3 Знает методологию диссертационного исследования и подготовки выпускной квалификационной работы;	+	+	+
14		ОПК-1.4 Умеет использовать методы научного исследования при решении научных задач;			
15		ОПК-1.5 Умеет формулировать и представлять результаты научного исследования;			
16		ОПК-1.6 Владеет методами научного исследования;			

17		ОПК-1.7 Владеет приемами формулирования основных компонентов научного исследования и изложения научного труда (выпускной квалификационной работы).			
	ОПК-2 Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты для решения производственных и научных задач.	ОПК-2.1 Знает теорию физико-химических методов анализа.	+	+	+
		ОПК-2.2 Знает принципы работы основных приборов в инструментальных методах химического анализа	+	+	+
		ОПК-2.3 Знает методы целенаправленного сбора и анализа научной литературы	+	+	+
		ОПК-2.4 Умеет применять приобретенные практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных задач.	+	+	+
14		ОПК-2.5 Умеет анализировать научную литературу с целью выбора направления исследования по заданной теме.	+	+	+
		ОПК-2.6 Владеет идеологией и системой выбора инструментальных методов химического анализа, а также оценкой возможностей каждого метода.	+	+	+
		ОПК-2.7 Владеет метрологическими основами инструментальных методов анализа	+	+	+
		ОПК-2.8 Владеет способами обработки полученных результатов и анализа их с учетом имеющихся литературных данных.	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№	Раздел	Темы практических занятий	Часы
1	1	Теоретические основы электрохимических методов. Потенциометрия.	1
2	1	Кулонометрические методы. Вольтамперометрия.	1
3	1	Кондуктометрические методы исследования в нанотехнологии. Электрогравиметрические исследования.	2
4	2	Атомная спектроскопия наноматериалов. Разновидности методов анализа.	2
5	2	Исследования наноматериалов методами молекулярной спектроскопии. Основы методов. Инфракрасная спектроскопия.	4
6	3	Аппаратурно-техническое оформление термического анализа	2
7	3	Экспериментальные кривые ТГ-ДСК и артефакты	6

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине **«Инструментальные методы исследования в химической технологии»**, а также дает знания о способах анализа наноматериалов различными инструментальными методами.

Максимальное количество баллов за выполнение и защиту лабораторного практикума составляет 30 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	1	Лабораторная работа №1 «Кондуктометрическое определение температуры образования прямой и обратной эмульсии»	4
2	1	Лабораторная работа №2 «Потенциометрическое титрование растворов лекарственных соединений»	4
3	2	Лабораторная работа №3 «Исследование молекулярной структуры наночастиц методом инфракрасной спектроскопии»	4
4	2	Лабораторная работа №4 «Исследование квантовых точек спектроскопическими методами»	8
5	3	Лабораторная работа №5 «Построение калибровочных кривых при проведении термических исследований»	6

6	3	Лабораторная работа №5 «Исследование наночастиц и/ или компонентов методом дифференциальной сканирующей калориметрии»	8
---	---	---	---

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на лабораторных занятиях материала;
- подготовку к защите лабораторной работы;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- 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 и защиты лабораторных работ (максимальная оценка 100 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 10 баллов за каждую. Курс завершается выполнением итоговой контрольной работы (максимальная оценка – 40 баллов).

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 2,5 балла за вопрос.

1. Что изучает электрохимия как раздел химии?
2. В чем заключается метод потенциометрического анализа?
3. Что измеряет кулонометрия в электрохимии?
4. В чем суть вольтамперометрического метода?

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 2,5 балла за вопрос.

1. Источники ошибок и погрешностей в ТГ-ДСК.
2. Что изучает спектроскопия как научная дисциплина?
3. Что такое атомная спектроскопия?
4. Чем отличается молекулярная спектроскопия от атомной?
5. В каком диапазоне длин волн находится ИК-спектроскопия?

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Максимальная оценка – 10 баллов. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 2,5 балла за вопрос.

1. Что такое термический анализ материалов и какие методы он включает?
2. Как размер наночастиц влияет на термические свойства?
3. Какие требования предъявляются к термопарам и датчикам температуры?
4. Какие основные типы и причины артефактов при ТГ?

Примеры вопросов для защиты лабораторных работ.

Лабораторная работа №1 «Кондуктометрическое определение температуры образования прямой и обратной эмульсии»

Что такое прямая и обратная эмульсия? В чем их основные различия?

Как кондуктометрия используется для определения температуры инверсии?

Почему изменяется электропроводность при переходе из прямой в обратную эмульсию?

Лабораторная работа №2 «Потенциометрическое титрование растворов лекарственных соединений»

Что такое потенциометрическое титрование и в чем его принцип?

Какие электроды используются в потенциометрическом титровании лекарственных веществ?

Что такое титрант и титруемый раствор?

Лабораторная работа №3 «Исследование молекулярной структуры наночастиц методом инфракрасной спектроскопии»

Что такое инфракрасная спектроскопия и на каких принципах она основана?

Какие функциональные группы можно определить методом ИК-спектроскопии?

Каковы особенности спектров наночастиц по сравнению с макроскопическими веществами?

Лабораторная работа №4 «Исследование квантовых точек спектроскопическими методами»

Что такое квантовые точки и каковы их основные свойства?

Какие спектроскопические методы применяются для изучения квантовых точек?

Как связано излучение квантовых точек с размером их частиц?

Лабораторная работа №5 «Построение калибровочных кривых при проведении термических исследований»

Что такое калибровочная кривая и зачем она нужна в термических исследованиях?

Как выбираются стандарты для построения калибровочных кривых?

Какие параметры термического анализа подлежат калибровке?

Лабораторная работа №6 «Исследование наночастиц и/или компонентов методом дифференциальной сканирующей калориметрии»

В чем принцип работы дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК)?

Как ДСК используется для изучения наночастиц?

Какие термические процессы можно выявить с помощью ДСК?

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.
3. Золотов В.И. Аналитическая химия. Том 2 [Электронный ресурс]: учебник / В.И. Золотов. – М.: Химия, 2015. – 420 с. : ил.; 12 усл. печ. л. – Библиогр.: с. 410-418.

Б. Дополнительная литература

1. Ярышев Н. Г., Панкратов Д. А., Токарев М. И., Камкин Н. Н., Родякина С. Н. Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе: Учебное пособие. – М.: МПГУ, 2012. – 160 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

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

Научно-технические журналы:

- Журнал «Journal of Thermal Analysis and Calorimetry» ISSN 1388-6150
- Журнал «International Journal of Thermal Sciences» ISSN 1290-0729
- Журнал «Журнал неорганической химии» ISSN 0044-457X

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://science-direct.com>
- <http://scopus.com>
- <http://elibrary.ru>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций и семинаров – 8, (общее число слайдов – более 100);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 20);

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

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

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 *«Инструментальные методы исследования в химической технологии»* 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		-	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"> • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath 		-	12 месяцев с возможностью продления лицензии

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Введение в методы термического анализа наноматериалов	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - классификацию методов термического анализа; - физическо-химические основы термического анализа материалов; - устройство и принцип работы основных методов термического анализа; - влияние условий проведения эксперимента на результаты термических методов анализа; - возможности и области применения термических методов анализа для исследования наноматериалов. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать результаты, полученные с помощью различных методов термического анализа; - формулировать технические требования к объектам исследования. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - принципами проведения эксперимента и стандартными методиками анализа наноматериалов методом термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии; - методами термокинетического анализа. 	<p>Оценка за контрольную работу №1</p> <p>Оценка за итоговую контрольную работу.</p>
Раздел 2. Комплексные методы анализа наноматериалов	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - физическо-химические основы термического анализа материалов; - устройство и принцип работы основных методов термического анализа; - влияние условий проведения эксперимента на результаты термических методов анализа; - возможности и области применения термических методов анализа для исследования наноматериалов. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать результаты, полученные с помощью различных методов термического анализа; - корректно рассчитывать физико-химические (кинетические и термодинамические) параметры по данным термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии; - формулировать технические требования к объектам исследования. 	<p>Оценка за контрольную работу №2</p> <p>Оценка за итоговую контрольную работу.</p>

	<p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - принципами проведения эксперимента и стандартными методиками анализа наноматериалов методом термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии; - методами термокинетического анализа. 	
<p>Раздел 3. Современные тенденции и направления развития термических методов анализа веществ и материалов</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - классификацию методов термического анализа; - физическо-химические основы термического анализа материалов; - устройство и принцип работы основных методов термического анализа; - возможности и области применения термических методов анализа для исследования наноматериалов. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать результаты, полученные с помощью различных методов термического анализа; - формулировать технические требования к объектам исследования. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - принципами проведения эксперимента и стандартными методиками анализа наноматериалов методом термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии; - методами термокинетического анализа. 	<p>Оценка за контрольную работу №3</p> <p>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 оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).



РХТУ им. Д.И. Менделеева
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Лемешев Дмитрий Олегович
Проректор по учебной работе,
Ректорат

Подписан: 16:01:2026 19:27:16