

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



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

С.Н. Филатов

» 05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

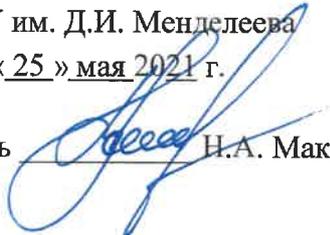
«Методы анализа наноматериалов»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
На заседании Методической комиссии
Ученого совета
РХТУ им. Д.И. Менделеева
« 25 » мая 2021 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2021

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

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «28» апреля 2021 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 «Наноматериалы»**, 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				
<p>– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов;</p> <p>– исследование свойств наносистем и наноматериалов с помощью современных методов анализа;</p> <p>– самостоятельная эксплуатация современного аналитического и синтетического оборудования и приборов в соответствии с квалификацией.</p>	<p>– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.));</p> <p>– все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов;</p> <p>– компьютерное программное обеспечение для обработки</p>	<p>ПК-1 Способен диагностировать структуру материала на микро и наноуровне</p>	<p>ПК-1.1 Знает методы исследования структуры материала на микро- и наноуровне</p> <p>ПК-1.2 Умеет использовать методы электронной, сканирующей зондовой микроскопии, дифракционных, спектральных и термических исследований структуры материалов на микро- и наноуровне</p> <p>ПК-1.3 Владеет опытом исследования структуры материала с использованием микроскопических, дифракционных, спектральных и термических методов анализа</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от</p>

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

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

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	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,88	68	50
в том числе в форме практической подготовки	0,94	34	25
Практические занятия (ПЗ)	0,94	34	25
Лабораторные работы (ЛР)	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,94	34	25
Самостоятельная работа	2,12	76	58
Контактная самостоятельная работа	2,12	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,6	57,7
Вид итогового контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Раздел	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	Сам. работа
1	Особенности исследования нанобъектов и наносистем	16	-	-	-	-	8	8
1.1	Введение	2	-	-	-	-	-	2
1.2	Микроскопия	4	-	-	-	-	-	4
1.3	Электронная оптика и оптика заряженных частиц	10	-	-	-	-	8	2
2	Методы микроскопии	52	24	-	24	24	12	16
2.1	Растровая электронная микроскопия	26	12	-	12	12	6	8
2.2	Просвечивающая электронная микроскопия	26	12	-	12	12	6	8
3	Спектральные методы анализа. Дифракционные методы исследования	60	10	-	10	10	14	36
3.1	Электронно-зондовый микроанализ	11	-	-	-	-	3	8
3.2	Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов	11	-	-	-	-	3	8
3.3	Методы электронной спектроскопии	22	10	-	10	10	4	8
3.4	Взаимодействие ионных пучков с твердым телом	6	-	-	-	-	-	6
3.5	Интегральные методы определения размеров наночастиц	10	-	-	-	-	4	6
	Подготовка к зачету	16	-	-	-	-	-	16
	Всего часов	144	34	-	34	34	34	76

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Особенности исследования нанобъектов и наносистем

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

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

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

Раздел 2. Методы микроскопии

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

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

Раздел 3. Спектральные методы анализа. Дифракционные методы исследования

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

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

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

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

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

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

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

6.2. Лабораторные занятия

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

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

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

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины «Методы анализа наноматериалов» предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 76 часа (2,11 зач. ед.). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу 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 зачету по дисциплине.

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

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

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

Б. Дополнительная литература

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

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

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

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

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

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации данной дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

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

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

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 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.	Calculate Linux Desktop	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
2.	LibreOffice	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
3.	ABBYY FineReader	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
4.	7-Zip	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
5.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
6.	VLC Media Player	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
7.	Discord	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
8.	Autodesk AutoCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
9.	IntelliJ IDEA	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
10.	FreeCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
11.	SMath Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно

12.	Corel Academic Site Standard	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	Лицензия для активации на рабочих станциях, покрывает все рабочие места в университете	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
13.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	500 лицензий	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
14.	GIMP	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
15.	OBS (Open Broadcaster Software) Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Особенности исследования нанобъектов 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, 	Оценка за контрольную работу № 1.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>навыками обработки результатов исследований наноматериалов;</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками критического анализа результатов диагностики. 	
<p>Раздел 2. Методы микроскопии</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, навыками обработки результатов исследований наноматериалов; – навыками критического анализа результатов диагностики. 	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка за лабораторную работу.</p>
<p>Раздел 3. Спектральные методы анализа. 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; 	<p>Оценка за контрольную работу № 3.</p> <p>Оценка за лабораторную работу.</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<ul style="list-style-type: none"> – физические основы интегральных методов, основанных на рассеянии света и рентгеновского излучения; – основные метрологические характеристики методов диагностики и анализа наноматериалов. <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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. 	

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 – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

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

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Методы анализа наноматериалов»**

**основной образовательной программы
28.04.03 «Наноматериалы»**

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология наноматериалов»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
2.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
3.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.