

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1154072	Физико-химические технологии нанотехнологий

**Екатеринбург**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Наноинженерия	<b>Код ОП</b> 1. 28.03.02/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Наноинженерия	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 28.03.02

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Бирюков Дмитрий Юрьевич	кандидат физико-математических наук, доцент	доцент	Физические методы и приборы контроля качества
2	Валеева Альбина Ахметовна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	технологии стекла
3	Ремпель Андрей Андреевич	доктор физико-математических наук, профессор	Профессор	физических методов и приборов контроля качества

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Физико-химические технологии нанотехнологий

## 1.1. Аннотация содержания модуля

В модуле рассматриваются теоретические и экспериментальные данные по методам синтеза наночастиц и нанопорошков, а также методам получения компактных двухмерных и трехмерных наноматериалов с заданными физико-химическими свойствами. Изучаются принципы и методы идентификации и определения химического состава веществ и материалов. Основное внимание уделено рассмотрению теоретических основ ряда инструментальных методов анализа (атомно-эмиссионного, атомно-абсорбционного, рентгеноспектральных – эмиссионного и флуоресцентного, масс-спектрометрических – молекулярного, изотопного и элементного, фотометрического, люминесцентного, электрохимических), определению границы их применимости в контроле химического состава различных объектов в соответствии с требованиями современной технологии наноматериалов.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Проект по модулю Физико-химические технологии нанотехнологий	2
2	Материалы и методы нанотехнологий	4
3	Физико-химические методы анализа наноматериалов	3
ИТОГО по модулю:		9

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Основные принципы современной химии
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3

<p>Материалы и методы наноинженерии</p>	<p>ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности</p>	<p>З-1 - Объяснить принцип действия основного технологического оборудования</p> <p>З-2 - Изложить научные основы технологических операций</p> <p>З-3 - Характеризовать способы метрологического обеспечения производственной деятельности, контроля количественных и качественных показателей получаемой продукции</p> <p>З-4 - Перечислить основные показатели энерго и ресурсоэффективности производственной деятельности</p> <p>У-1 - Определять необходимое технологическое оборудование для выполнения технологических операций</p> <p>У-2 - Оценить соответствие выбранного технологического оборудования и технологических операций нормам и правилам безопасной эксплуатации, технологическим регламентам и инструкциям</p> <p>У-3 - Анализировать неполадки технологического оборудования, устанавливать их причины и определять способы их устранения</p> <p>У-4 - Оценивать с использованием количественных или качественных показателей соответствие характеристик получаемой продукции установленным техническим требованиям и фиксировать отклонения</p> <p>У-5 - Оценивать с использованием показателей энерго- и ресурсоэффективности параметры производственного цикла и продукта и анализировать отклонения</p> <p>У-6 - Определять оптимальные способы метрологического сопровождения технологических процессов</p> <p>П-1 - Поддерживать в процессе производственной эксплуатации заданные режимы технологических операций и параметры работы необходимого оборудования, обеспечивающие</p>
---	--	---

		<p>производительность и качество получаемой продукции</p> <p>П-2 - Рассчитывать показатели ресурсо- и энергоэффективности производственного цикла и продукта</p> <p>П-3 - Провести диагностику неполадок и определить способы ремонта технологического оборудования</p> <p>Д-1 - Умение концентрировать внимание на реализации порученного производственного процесса, умение брать на себя ответственность за результат</p>
	<p>ПК-1 - Способность разрабатывать макеты изделий и их модулей, разрабатывать программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик нанобъектов</p>	<p>З-1 - Характеризовать основное используемое технологическое и контрольно-измерительное лабораторное оборудование, и принципы его работы</p> <p>З-2 - Излагать стандарты организации и технические условия, положения и инструкции по эксплуатации оборудования, программам испытаний, оформлению технической документации и проведению лабораторных анализов и испытаний продуктов-аналогов</p> <p>У-1 - Строить и использовать модели для описания и прогнозирования лабораторных исследований продуктов-аналогов</p> <p>У-2 - Выполнять лабораторный анализ новых нанобъектов</p> <p>П-1 - Организовать контроль проведения лабораторных испытаний для определения технических характеристик нанобъектов</p>
	<p>ПК-7 - Способность организовывать работы по производству и контролю качества (технологический цикл) нанобъектов и изделий на их основе</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание методов диагностики и контроля параметров наногетероструктур и наноструктурных материалов</p> <p>З-2 - Характеризовать методы и средства контроля технологических процессов</p> <p>З-3 - Излагать методы расчета погрешностей (неопределенностей) результатов измерений</p> <p>У-1 - Сопоставлять требуемую точность измерений параметров исследуемых материалов и процессов с возможностями аналитической базы организации и</p>

		<p>требованиями государственных и международных стандартов</p> <p>П-1 - Осуществлять контроль исполнения технического задания на проведение измерений и пробных технологических процессов</p>
<p>Проект по модулю Физико-химические технологии наноинженерии</p>	<p>ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности</p>	<p>З-1 - Объяснить принцип действия основного технологического оборудования</p> <p>З-2 - Изложить научные основы технологических операций</p> <p>З-3 - Характеризовать способы метрологического обеспечения производственной деятельности, контроля количественных и качественных показателей получаемой продукции</p> <p>З-4 - Перечислить основные показатели энерго и ресурсоэффективности производственной деятельности</p> <p>У-1 - Определять необходимое технологическое оборудование для выполнения технологических операций</p> <p>У-2 - Оценить соответствие выбранного технологического оборудования и технологических операций нормам и правилам безопасной эксплуатации, технологическим регламентам и инструкциям</p> <p>У-3 - Анализировать неполадки технологического оборудования, устанавливать их причины и определять способы их устранения</p> <p>У-4 - Оценивать с использованием количественных или качественных показателей соответствие характеристик получаемой продукции установленным техническим требованиям и фиксировать отклонения</p> <p>У-5 - Оценивать с использованием показателей энерго- и ресурсоэффективности параметры производственного цикла и продукта и анализировать отклонения</p>

		<p>У-6 - Определять оптимальные способы метрологического сопровождения технологических процессов</p> <p>П-1 - Поддерживать в процессе производственной эксплуатации заданные режимы технологических операций и параметры работы необходимого оборудования, обеспечивающие производительность и качество получаемой продукции</p> <p>П-2 - Рассчитывать показатели ресурсо- и энергоэффективности производственного цикла и продукта</p> <p>П-3 - Провести диагностику неполадок и определить способы ремонта технологического оборудования</p> <p>Д-1 - Умение концентрировать внимание на реализации порученного производственного процесса, умение брать на себя ответственность за результат</p>
	<p>ПК-1 - Способность разрабатывать макеты изделий и их модулей, разрабатывать программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик нанообъектов</p>	<p>З-1 - Характеризовать основное используемое технологическое и контрольно-измерительное лабораторное оборудование, и принципы его работы</p> <p>З-2 - Излагать стандарты организации и технические условия, положения и инструкции по эксплуатации оборудования, программам испытаний, оформлению технической документации и проведению лабораторных анализов и испытаний продуктов-аналогов</p> <p>У-1 - Строить и использовать модели для описания и прогнозирования лабораторных исследований продуктов-аналогов</p> <p>У-2 - Выполнять лабораторный анализ новых нанообъектов</p> <p>П-1 - Организовать контроль проведения лабораторных испытаний для определения технических характеристик нанообъектов</p>
	<p>ПК-7 - Способность организовывать работы по производству и контролю качества (технологический цикл)</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание методов диагностики и контроля параметров наногетероструктур и наноструктурных материалов</p>

	<p>нанообъектов и изделий на их основе</p>	<p>З-2 - Характеризовать методы и средства контроля технологических процессов</p> <p>З-3 - Излагать методы расчета погрешностей (неопределенностей) результатов измерений</p> <p>У-1 - Сопоставлять требуемую точность измерений параметров исследуемых материалов и процессов с возможностями аналитической базы организации и требованиями государственных и международных стандартов</p> <p>П-1 - Осуществлять контроль исполнения технического задания на проведение измерений и пробных технологических процессов</p>
<p>Физико-химические методы анализа наноматериалов</p>	<p>ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности</p>	<p>З-1 - Объяснить принцип действия основного технологического оборудования</p> <p>З-2 - Изложить научные основы технологических операций</p> <p>З-3 - Характеризовать способы метрологического обеспечения производственной деятельности, контроля количественных и качественных показателей получаемой продукции</p> <p>З-4 - Перечислить основные показатели энерго и ресурсоэффективности производственной деятельности</p> <p>У-1 - Определять необходимое технологическое оборудование для выполнения технологических операций</p> <p>У-2 - Оценить соответствие выбранного технологического оборудования и технологических операций нормам и правилам безопасной эксплуатации, технологическим регламентам и инструкциям</p> <p>У-3 - Анализировать неполадки технологического оборудования, устанавливать их причины и определять способы их устранения</p> <p>У-4 - Оценивать с использованием количественных или качественных показателей соответствие характеристик получаемой продукции установленным</p>



		<p>техническим требованиям и фиксировать отклонения</p> <p>У-5 - Оценивать с использованием показателей энерго- и ресурсоэффективности параметры производственного цикла и продукта и анализировать отклонения</p> <p>У-6 - Определять оптимальные способы метрологического сопровождения технологических процессов</p> <p>П-1 - Поддерживать в процессе производственной эксплуатации заданные режимы технологических операций и параметры работы необходимого оборудования, обеспечивающие производительность и качество получаемой продукции</p> <p>П-2 - Рассчитывать показатели ресурсо- и энергоэффективности производственного цикла и продукта</p> <p>П-3 - Провести диагностику неполадок и определить способы ремонта технологического оборудования</p> <p>Д-1 - Умение концентрировать внимание на реализации порученного производственного процесса, умение брать на себя ответственность за результат</p>
	<p>ПК-1 - Способность разрабатывать макеты изделий и их модулей, разрабатывать программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик нанообъектов</p>	<p>З-1 - Характеризовать основное используемое технологическое и контрольно-измерительное лабораторное оборудование, и принципы его работы</p> <p>З-2 - Излагать стандарты организации и технические условия, положения и инструкции по эксплуатации оборудования, программам испытаний, оформлению технической документации и проведению лабораторных анализов и испытаний продуктов-аналогов</p> <p>У-1 - Строить и использовать модели для описания и прогнозирования лабораторных исследований продуктов-аналогов</p> <p>У-2 - Выполнять лабораторный анализ новых нанообъектов</p>

		П-1 - Организовать контроль проведения лабораторных испытаний для определения технических характеристик нанообъектов
	ПК-7 - Способность организовывать работы по производству и контролю качества (технологический цикл) нанообъектов и изделий на их основе	<p>З-1 - Демонстрировать понимание методов диагностики и контроля параметров наногетероструктур и наноструктурных материалов</p> <p>З-2 - Характеризовать методы и средства контроля технологических процессов</p> <p>З-3 - Излагать методы расчета погрешностей (неопределенностей) результатов измерений</p> <p>У-1 - Сопоставлять требуемую точность измерений параметров исследуемых материалов и процессов с возможностями аналитической базы организации и требованиями государственных и международных стандартов</p> <p>П-1 - Осуществлять контроль исполнения технического задания на проведение измерений и пробных технологических процессов</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Материалы и методы наноинженерии**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Бирюков Дмитрий Юрьевич	кандидат физико- математических наук, доцент	Доцент	физических методов и приборов контроля качества
2	Валеева Альбина Ахметовна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	технологии стекла
3	Ремпель Андрей Андреевич	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	физических методов и приборов контроля качества

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Бирюков Дмитрий Юрьевич, Доцент, физических методов и приборов контроля качества
- Валеева Альбина Ахметовна, Доцент, технологии стекла
- Ремпель Андрей Андреевич, Профессор, физических методов и приборов контроля качества

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение	Краткая характеристика дисциплины, ее цели, задачи, объем, содержание, порядок изучения материала, связь с другими дисциплинами учебного плана. Форма контроля самостоятельной работы. Характеристика учебной литературы. Получение наноматериалов двумя основными методами нанотехнологий снизу-вверх и сверху вниз. Применение наноматериалов.
2	Методы синтеза наночастиц и нанопорошков	Конденсация паров, газофазный синтез, плазмохимический синтез, осаждение из коллоидных растворов, химическая конденсация, пиролиз, механосинтез, дезинтеграция, детонационный синтез, электровзрыв, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, термоциклирование вблизи температуры структурных фазовых переходов.
3	Получение компактных двухмерных и трехмерных наноматериалов	Компактирование нанопорошков, нанокерамика, осаждение на подложку, напыление на подложку, гетероструктуры, кристаллизация аморфных сплавов, магнитные наноматериалы, интенсивная пластическая деформация, конструкционные наноматериалы.

4	Методы определения размеров наночастиц, нанозерен и нанопор	Просвечивающая электронная микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, зондовые методы исследования поверхности наноматериалов, рентгеновская дифракция, нейтронография, малоугловое рассеяние, позитронная спектроскопия, динамическое рассеяние света, фото корреляционные методы определения размеров изолированных наночастиц.
---	---	--

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной профессиональной деятельности  Технология самостоятельной работы	ПК-1 - Способность разрабатывать макеты изделий и их модулей, разрабатывать программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик нанообъектов	З-1 - Характеризовать основное используемое технологическое и контрольно-измерительное лабораторное оборудование, и принципы его работы  У-2 - Выполнять лабораторный анализ новых нанообъектов  П-1 - Организовать контроль проведения лабораторных испытаний для определения технических характеристик нанообъектов

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Материалы и методы наноинженерии

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Гусев, А. И.; Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии : монография.; Физматлит, Москва;

2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68859> (Электронное издание)

2. Рамбиди, Н. Г.; Физические и химические основы нанотехнологий : курс лекций.; Физматлит, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76611> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Гусев, А. И.; Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2009 (6 экз.)
2. Рамбиди, Н. Г., Березкин, А. В.; Физические и химические основы нанотехнологий; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2009 (6 экз.)
3. Старостин, В. В., Патрикеев, Л. Н.; Материалы и методы нанотехнологии : учеб. пособие.; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2008 (6 экз.)
4. Старостин, В. В., Патрикеев, Л. Н.; Материалы и методы нанотехнологии : учебное пособие.; Бином. Лаборатория знаний, Москва; [2013] (2 экз.)
5. Суздалев, И. П.; Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов; ЛИБРОКОМ, Москва; 2009 (2 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).

Журнал неорганической химии (<https://www.sciencejournals.ru/journal/nergkhim/>).

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).

Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).

Зональная научная библиотека УрФУ(<http://lib.urfu.ru>).

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» раздел «Наноматериалы» [http://window.edu.ru/catalog/resources?p\\_str=наноматериалы](http://window.edu.ru/catalog/resources?p_str=наноматериалы)

Нанотехнологическое сообщество «Нанометр» (<http://www.nanometer.ru/>)

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

#### **Материалы и методы наноинженерии**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES
3	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физико-химические методы анализа**  
**наноматериалов**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Гроховский Виктор Иосифович	кандидат технических наук, старший научный сотрудник	Доцент	физических методов и приборов контроля качества
2	Ларионов Михаил Юрьевич	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	физических методов и приборов контроля качества

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.



# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение	Краткая характеристика дисциплины, ее цели, задачи, объем, содержание, порядок изучения материала, связь с другими дисциплинами учебного плана. Форма контроля самостоятельной работы. Характеристика учебной литературы.
2	Методы анализа структуры материалов	Обзор современных методов исследования структуры материалов. Масштабные границы применимости методов. Особенности использования. Обзор технических средств обеспечения методов анализа структуры.
2.1	Оптическая микроскопия	Классическая оптическая микроскопия Понятие оптической микроскопии. Методы наблюдения. Устройство оптических микроскопов. Регистрация изображений с оптического микроскопа. Разрешающая способность. Формирование цифровых изображений. Измерения линейных размеров. Принципы стереологии. Анализ изображений структуры материалов. Подготовка образцов. Конфокальная микроскопия Понятие конфокальной микроскопии. Формирование изображения. Разрешающая способность конфокальной микроскопии Устройство конфокального микроскопа. Гранулометрический анализ

		<p>Распределение по размерам изолированных частиц. Гранулометрический состав порошков. Ситовый метод анализа. Методы седиментации. Лазерная гранулометрия наночастиц. Анализ изображения в гранулометрии.</p>
2.2	Рентгеновские методы анализа структуры	<p>Рентгеноструктурный анализ</p> <p>Характеристическое рентгеновское излучение. Исследование монокристаллов. Рентгеновская дифракция поликристаллических образцов. Метод Дебая-Шеррера. Рентгеновский дифрактометр. Рассеяние на аморфных и малоупорядоченных объектах и наноматериалах. Малоугловое рентгеновское рассеяние.</p> <p>Рентгеновская томография</p> <p>Рентгеновская микроскопия. Принципы реализации рентгеновской микротомографии. Компьютерные 3D изображения микро- и нанообъектов. Устройства для реализации рентгеновской нанотомографии в растровом электронном микроскопе. Примеры использования микротомографов для исследования материалов.</p>
2.3	Электронная микроскопия	<p>Общие сведения об электронной микроскопии. Разновидности электронных микроскопов. Классы электронных микроскопов и их разрешающие способности.</p> <p>Просвечивающая электронная микроскопия</p> <p>Определение просвечивающей электронной микроскопии. Характеристика электронного пучка. Устройство и принципы работы просвечивающего электронного микроскопа (ТЕМ, STEM). Подготовка образцов для сканирующей электронной микроскопии.</p> <p>Растровая электронная микроскопия</p> <p>Определение растровой электронной микроскопии. Физические основы методики электронной микроскопии. Взаимодействие электронного пучка с веществом. Устройство и принципы работы растрового электронного микроскопа. Примеры задач, решаемых с использованием растровых электронных микроскопов. Дифракция отраженных электронов (EBSD)</p>
2.4	Сканирующая зондовая микроскопия	<p>Сканирующая туннельная микроскопия</p> <p>Туннельный эффект. Принцип работы сканирующего туннельного микроскопа. Технические возможности сканирующего туннельного микроскопа. Требования к объектам исследования и методы их подготовки. Области использования сканирующей туннельной микроскопии.</p> <p>Атомно-силовая микроскопия</p> <p>Устройство и принципы работы атомно-силового микроскопа. Контактный, полуконтактный и бесконтактный методы работы АСМ. Область применения атомно-силового микроскопа.</p>

		<p>Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия.</p> <p>Принципы построения изображения объектов в ближнепольной оптической микроскопии. Зонды на основе оптического волокна. Устройство и принципы работы оптического микроскопа ближнего поля. Области применения оптических микроскопов ближнего поля.</p> <p>Техника сканирующей зондовой микроскопии</p> <p>Принципы работы сканирующего зондового микроскопа. Сканирующие элементы. Получение изображения СЗМ и его обработка.</p>
2.5	Мессбаэровская спектроскопия	<p>Эффект Мессбаэра. Условия резонанса. Резонансные изотопы. Сверхтонкие расщепления и мессбаэровские параметры. Схема расщепления ядерных уровней. Способы измерения мессбаэровских спектров. Мессбаэровская спектроскопия с высоким скоростным разрешением. Прецизионный автоматизированный мессбаэровский спектрометрический комплекс для фундаментальных и прикладных задач. Примеры применения мессбаэровской спектроскопии (материаловедческие и биомедицинские исследования).</p>
3	Методы анализа химического состава материалов	<p>Обзор методов анализа химического состава. ЯМР, ЭПР, рентгеновская фотоэлектронная спектрометрия, спектрометрия энергетических потерь электронов, масс-спектрометрия вторичных ионов, электрохимические методы анализа и др.</p>
3.1	Молекулярная оптическая спектроскопия	<p>Виды молекулярной оптической спектроскопии. Природа возникновения спектров в ИК, УФ и видимой областях спектра. Приборы оптической спектроскопии.</p>
3.2	Инфракрасная спектроскопия	<p>Теоретические и методические основы инфракрасной спектроскопии. Скелетные и характеристические колебания в анализе органических соединений. Улучшение аналитических характеристик метода за счет Фурье-преобразования. Фурье-спектрометрия, области применения. Особенности ИК спектроскопии в ближней области.</p>
3.3	Атомно-эмиссионный анализ	<p>Суть метода. Атомизация молекул. Возбуждение излучения атомов и ионов элементов пробы. Спектр. Идентификация линий. Определение количественного содержания элементов.</p>
3.4	Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия	<p>Понятие флуоресценции. Рентгенофлуоресцентный анализ. Выход рентгеновской флуоресценции. Подготовка пробы к анализу. Применение метода РФА.</p>
3.5	Спектрометрия Оже-электронов	<p>Фотоэффект. Энергия связи фотоэлектронов. Работа выхода электрона. Качественный анализ. Спектры основных уровней в РФЭС. Тонкая структура рентгеновских фотоэлектронных линий. Количественный анализ. Оже-электронная спектроскопия. Принципы и область использования. Метрологические характеристики методов электронной спектроскопии.</p>
3.6	Рентгеновский микроанализ	<p>Определение рентгеновского микроанализа. Применение и особенности электронно-зондового микроанализа. Подготовка</p>

		образцов. Количественный анализ. Метод внешнего стандарта в рентгеноспектральном микроанализе. Распределительный анализ гетерогенных структур методом рентгеноспектрального микроанализа.
3.7	Масс-спектрометрия	История масс- спектрологии, Принцип работы и устройство масс-спектрометра. Источники ионов. Масс-анализаторы. Непрерывные и импульсные масс-анализаторы. Детекторы ионов. Применение масс-спектрологии. Масс-спектрология вторичных ионов (ВИМС).
3.8	Атомно-абсорбционный анализ	Методы атомно-абсорбционной спектрологии. Пламенная и электрохимическая атомно-абсорбционная спектрология. Атомизаторы. Источники света в атомно-абсорбционной спектрологии. Схема атомно-абсорбционного спектрофотометра. Количественный анализ в ААС. Закон Бугера-Ламберта-Бера.
3.9	Электронная спектрология	Фотоэлектронная спектрология, фотоэффект. Рентгеновская фотоэлектронная спектрология. Колебательная электронная спектрология. Электронные спектры поглощения.
4	Заключение	Итоги курса. Формулирование, какие знания должны были быть получены. Направление дальнейшего обучения. Выдача заданий для самостоятельной подготовки.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ПК-7 - Способность организовывать работу по производству и контролю качества (технологический цикл) нанообъектов и изделий на их основе	З-1 - Демонстрировать понимание методов диагностики и контроля параметров наногетероструктур и наноструктурных материалов З-2 - Характеризовать методы и средства контроля технологических процессов З-3 - Излагать методы расчета

				<p>погрешностей (неопределенностей) результатов измерений</p> <p>У-1 - Сопоставлять требуемую точность измерений параметров исследуемых материалов и процессов с возможностями аналитической базы организации и требованиями государственных и международных стандартов</p>
--	--	--	--	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Физико-химические методы анализа наноматериалов**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Гусев, А. И.; Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии : монография.; Физматлит, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68859> (Электронное издание)
2. , Солнцев, Ю. П.; Нанотехнологии и специальные материалы : учебное пособие.; Химиздат, Санкт-Петербург; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98343> (Электронное издание)
3. Ремпель, , А. А.; Материалы и методы нанотехнологий : учебное пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/68346.html> (Электронное издание)
4. ; Методы научно-технического творчества в области нанотехнологий : учебное пособие.; Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), Тамбов; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=498884> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Пул, Ч., Оуэнс, Ф., Головин, Ю. И.; Нанотехнологии : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подгот. "Нанотехнологии".; Техносфера, Москва; 2009 (3 экз.)
2. Андриевский, Р. А., Рагуля, А. В.; Наноструктурные материалы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломиру. специалистов 651800 "Физ. материаловедение".; Академия, Москва; 2005 (15 экз.)
3. Суздаев, И. П.; Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов; URSS, Москва; 2014 (2 экз.)

4. Суздаев, И. П.; Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов; ЛИБРОКОМ, Москва; 2009 (2 экз.)
5. Старостин, В. В., Патрикеев, Л. Н.; Материалы и методы нанотехнологии : учебное пособие.; Бином. Лаборатория знаний, Москва; [2013] (2 экз.)
6. Брандон, Д., Баженов, С. Л., Егорова, О. В.; Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : [учеб. пособие для вузов].; Техносфера, Москва; 2006 (2 экз.)
7. Рыжонков, Д.И.; Наноматериалы : учеб. пособие.; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2012 (5 экз.)
8. Семенкин; Исследование методом эффекта Мессбауэра состояния ядер железа-57 в деформированных твердых растворах железо-марганец и железо-никель : Дис. на соиск. учен. степ. канд. физ.-мат. наук. ; Б. и., Свердловск; 1973 (1 экз.)
9. , Оура, Оура К., Лифшиц, В. Г., Саранин, А. А., Зотов, А. В., Катаяма, М.; Введение в физику поверхности; Наука, Москва; 2006 (2 экз.)
10. Пупышев, А. А.; Практический курс атомно-абсорбционного анализа. Курс лекций; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2009 (6 экз.)
11. Ремпель, А. А.; Материалы и методы нанотехнологий : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлениям подгот. 210100 "Электроника и наноэлектроника", 210600 "Нанотехнология".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2015 (5 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Журнал "ИЗВЕСТИЯ РАН. СЕРИЯ ФИЗИЧЕСКАЯ" (<https://dlib.eastview.com/browse/publication/79406>).

Журнал "ЖУРНАЛ ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ" (<https://dlib.eastview.com/browse/publication/79383>).

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).

Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).

Зональная научная библиотека УрФУ(<http://lib.urfu.ru>).

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

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

#### **Физико-химические методы анализа наноматериалов**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES

