

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>
1159305	Методы получения и исследования наноматериалов

**Екатеринбург**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Материалы микро- и наносистемной техники	<b>Код ОП</b> 1. 28.04.01/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Нанотехнологии и микросистемная техника	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 28.04.01

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	Ахматханов Андрей Ришатович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
2	Гаврилова Людмила Яковлевна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	Департамент фундаментальной и прикладной химии
3	Мурзакаев Айдар Марксович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Методы получения и исследования наноматериалов

## 1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль входят курсы «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов», «Методы нанолитографии», «Кинетика и механизм твердофазного синтеза». Курс «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов» рассматривает методы и приборы для изучения микроструктуры наноматериалов. В дисциплине «Кинетика и механизм твердофазного синтеза» рассматриваются термодинамические теории твердофазного взаимодействия и влияние различных факторов на скорость реакций, изучаются различные модели твердофазных взаимодействий и с использованием программных пакетов выполняются задания по установлению режима взаимодействия для конкретной реакции в порошковой смеси. Курс «Методы нанолитографии» посвящен изучению основных методов создания тонкопленочных наноструктур в рамках подхода «сверху-вниз» и рассматривает основные подходы и методы микро- и нанолитографии.

## 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	Методы нанолитографии	3
2	Кинетика и механизм твердофазного синтеза	3
3	Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов	3
ИТОГО по модулю:		9

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
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

Кинетика и механизм твердофазного синтеза	ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания	<p>З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и общеинженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и общеинженерных наук</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и общеинженерных наук</p>
	ПК-5 - Способен предлагать актуальные методы и подходы решения научных и технологических задач в области наноматериалов, а также смежных областей	<p>З-1 - Описывать основные научные достижения и современные методы экспериментальных и теоретических исследований</p> <p>П-1 - Использовать методы решения научно-технологических задач на основе анализа согласованных научных знаний</p>
Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов	ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания	<p>З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и общеинженерных наук</p> <p>З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и общеинженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и общеинженерных наук</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и общеинженерных наук</p> <p>П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и</p>

		<p>комплексных задач, применяя знания фундаментальных и инженерных наук</p> <p>Д-1 - Проявлять лидерские качества и умения командной работы</p>
	<p>ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>З-1 - Сформулировать основные принципы организации и планирования научного исследования</p> <p>З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения</p> <p>З-3 - Сделать обзор основных методов статистической обработки и анализа результатов измерений</p> <p>У-1 - Собирать и анализировать научно-техническую информацию для оптимального планирования исследования и изыскания</p> <p>У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания экспериментальные комплексные научно-технические исследования и изыскания для решения инженерных задач в области профессиональной деятельности, включая обработку, интерпретацию и оформление результатов</p> <p>Д-1 - Проявлять умение видеть детали, упорство, аналитические умения</p>
	<p>ПК-1 - Способен организовывать, планировать и контролировать процессы измерений параметров и свойств наноматериалов и наноструктур</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание физико-химических свойств наноматериалов и наноструктур, устройств, принципов работы и правил эксплуатации оборудования для исследования свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-1 - Работать на технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией, получать, анализировать, обобщать данные по измерению свойств и параметров</p>

		<p>П-1 - Осуществлять планирование эксперимента, ставить и анализировать задачи для оптимизации и совершенствования исследований</p>
	<p>ПК-5 - Способен предлагать актуальные методы и подходы решения научных и технологических задач в области наноматериалов, а также смежных областей</p>	<p>З-1 - Описывать основные научные достижения и современные методы экспериментальных и теоретических исследований</p> <p>У-1 - Определять конкретную задачу в рамках научного эксперимента</p> <p>П-1 - Использовать методы решения научно-технологических задач на основе анализа согласованных научных знаний</p>
<p>Методы нанолитографии</p>	<p>ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p>	<p>З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и общеинженерных наук</p> <p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и общеинженерных наук</p> <p>П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и общеинженерных наук</p>
	<p>ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>З-1 - Сформулировать основные принципы организации и планирования научного исследования</p> <p>З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения</p> <p>З-3 - Сделать обзор основных методов статистической обработки и анализа результатов измерений</p> <p>У-1 - Собирать и анализировать научно-техническую информацию для оптимального планирования исследования и изыскания</p> <p>У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для</p>

		<p>решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания экспериментальные комплексные научно-технические исследования и изыскания для решения инженерных задач в области профессиональной деятельности, включая обработку, интерпретацию и оформление результатов</p> <p>Д-1 - Проявлять умение видеть детали, упорство, аналитические умения</p>
	<p>ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>
	<p>ПК-5 - Способен предлагать актуальные методы и подходы решения научных и технологических задач в области наноматериалов, а также смежных областей</p>	<p>З-1 - Описывать основные научные достижения и современные методы экспериментальных и теоретических исследований</p> <p>П-1 - Использовать методы решения научно-технологических задач на основе анализа согласованных научных знаний</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Методы нанолитографии**

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	Ахматханов Андрей Ришатович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики**

Протокол № 3 от 17.03.2022 г.



# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Ахматханов Андрей Ришатович, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

## 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
P1	Введение	Предмет, цель, задачи и структура курса. История фотолитографии. Фотолитография как один из основных промышленных методов получения микро- и наноструктур. Области применения фотолитографии: микроэлектроника, нанофотоника, микро- и наноэлектромеханические системы (MEMS, NEMS). Развитие микроэлектронной промышленности. Закон Мура, увеличение степени интеграции и размеров пластин, уменьшение характерных размеров элементов. Фабрики микроэлектронного производства. Классификация литографических методов микро- и наноструктурирования. Основные этапы технологического процесса фотолитографии.
P2	Резисты	Классификация резистов. Позитивные резисты. ДХН Резисты. Негативные резисты. Химические процессы при экспонировании и проявлении резистов. Растворители для резистов, их основные свойства. Хранение резистов, старение. Параметры резистов (толщина, чувствительность, спектральный диапазон, оптические свойства, стойкость к термической, химической и плазменной обработке). Спектральный диапазон резистов. Резисты для ближнего УФ диапазона. Особенности резистов для дальнего и экстремального УФ диапазонов. Химически усиленные резисты. Электронорезисты, рентгенорезисты.

<b>P3</b>	Подготовка поверхности	<p>Необходимость очистки поверхности. Классификация типов загрязнений по форме и виду. Источники загрязнений. Контроль загрязнений, микроскопические и аналитические методы контроля. Методы предотвращения загрязнений. Физические и химические методы очистки в жидкой и газовой фазе, механические методы очистки. Методы повышения эффективности очистки. Очистка с помощью плазменных технологий. Промывка и сушка. Смачиваемость поверхности как индикатор чистоты. Обработка поверхности промоутерами адгезии.</p>
<b>P4</b>	Процессы нанесения резиста	<p>Требуемые характеристики пленок резиста. Типы процессов нанесения: центрифугирование, распыление. Контроль параметров слоя резиста. Дефекты нанесения и методы борьбы с ними. Адгезия резиста к различным поверхностям.</p>
<b>P5</b>	Термическая обработка резиста	<p>Необходимость термической обработки. Типы термической обработки. Предварительная термическая обработка резиста после нанесения. Роль содержания растворителя и воды в пленке резиста на ее свойства. Термическая обработка после проявления: сушка и задубливание. Физико-химические процессы при термической обработке резиста. Оборудование для термической обработки резиста.</p>
<b>P6</b>	Совмещение и экспонирование	<p>Процесс экспонирования. Типы фотолитографии: контактная и проекционная. Принципы формирования изображения. Преимущества и особенности проекционной фотолитографии. Оборудование для фотолитографии. Безшаблонные методы экспонирования: электронно-лучевая литография, лазерная литография. Скорость обработки пластин в технологическом процессе экспонирования.</p> <p>Многослойный характер процессов литографии при создании микроэлектронных устройств – необходимость совмещения слоев. Совмещение слоев в контактной и проекционной фотолитографии. Метки совмещения. Точность совмещения. Усовершенствованные методы для совмещения с высокой точностью. Автоматизация процесса совмещения.</p> <p>Пространственное разрешение процесса фотолитографии. Элементы дифракционной теории формирования изображений при контактной и проекционной литографии. Эффекты близости. Методики улучшения разрешения фотолитографии: уменьшение длины волны излучения, иммерсионная литография, технологические методики улучшения разрешения (коррекция эффекта близости, фазосдвигающие маски, двойное экспонирование). Современное состояние и прогнозы развития технологии фотолитографии.</p>
<b>P7</b>	Проявка резиста	<p>Принципиальные отличия позитивных и негативных резистов. Механизмы проявки изображения. Технология обращения изображения. Скорость проявки, контраст резиста. Поперечный профиль резистивной маски. Методы и</p>

		оборудование для проявки резиста. Методы контроля и оптимизации процесса проявки.
<b>P8</b>	Снятие резиста	Жидкостные химические методы снятия резиста: растворители, кислотные и щелочные составы. Плазмохимические методы снятия резиста. Снятие сильно задубленного резиста. Подбор оптимального метода снятия резиста.
<b>P9</b>	Фотошаблоны	Фотошаблоны для контактной и проекционной фотолитографии. Процесс разработки и изготовления фотошаблонов. Метрология и контроль фотошаблонов.
<b>P10</b>	Методы переноса изображения	<p>Классификация методов обработки материала с использованием резистивной маски: нанесение, травление и модификация.</p> <p>Классификация методов нанесения тонких пленок. Типы наносимых веществ. Физическое нанесение через газовую фазу (PVD): электронно-лучевое и термическое испарение, молекулярно-лучевая эпитаксия, распыление, магнетронное распыление, реактивное распыление. Проблема получения тонкой пленки заданного состава. Химическое нанесение через газовую фазу (CVD). Золь-гель технология. Гальваническое осаждение. Применимость методов для нанесения различных типов веществ.</p> <p>Использование фоторезиста в качестве маски при нанесении. Прямая и обратная (взрывная, lift-off) литография. Механизм взрывной литографии. Требования к профилю резиста.</p> <p>Травление. Жидкостное химическое травление. Процесс травления. Растворение, диффузия, конвекция. Травители, практические рецепты.</p> <p>Плазмохимическое и реактивно-ионное сухое травление. Изотропное и анизотропное травление. Классификация методик сухого травления. Оборудование для сухого травления. Используемые газы, практические рецепты. Использование резистивной маски при травлении. Контроль размеров элементов при травлении.</p> <p>Методики модификация поверхностного слоя: диффузия, ионная имплантация.</p>
<b>P11</b>	От микро- к нанолитографии	<p>Потребность в разработке методов нанолитографии: развитие микроэлектроники, нанотехнологии, нанофотоники, наноэлектромеханические системы. Возможности и перспективы оптической фотолитографии. Литография в области экстремального ультрафиолета (EUV). Масочная электронная и рентгеновская литография.</p> <p>Прямая запись электронным пучком. Преимущества и недостатки. Рассеяние пучка электронов при экспонировании резистов, эффект близости, методы коррекции эффекта близости. Многолучевые методы. Оборудование для электронно-лучевой литографии. Ионно-лучевая литография.</p>

		<p>Наноимпринт литография. Типы наноимпринт литографии. Материалы и оборудование. Литографическая индуцированная самосборка.</p> <p>Формирование наноструктур с помощью сканирующей туннельной микроскопии и сканирующей зондовой микроскопии. «Nanoink Dip-pen» литография.</p>
<b>P12</b>	Технологии чистоты в микро- и нанолитографии	<p>Введение в технологии чистоты. Определение термина «чистое помещение». Роль чистых помещений в развитии науки и техники, в частности в нанотехнологии. Принципы построения чистых помещений. История чистых помещений. Стандарты классификации чистых помещений. Класс чистоты помещения. Классификация чистых помещений по типам воздухообмена. Турбулентные чистые помещения. Чистые помещения с однонаправленным движением воздуха. Характеристики воздухообмена. Способы снижения издержек, изоляторы, мини-зоны. Конструкционные материалы для чистых помещений. Высокоэффективная фильтрация воздуха. Определение концентрации частиц. Основы эксплуатации чистых помещений. Одежда для чистых помещений и дополнительные компоненты чистых помещений.</p> <p>Чистые технологические среды и материалы. Особо чистые химические реактивы, газы, твердые вещества. Свойства, применение и методы получения деионизованной воды.</p>

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

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Методы нанолитографии

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Барыбин, А. А.; Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75443> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Барыбин, А. А.; Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы : учеб. пособие для вузов.; Физматлит, Москва; 2006 (1 экз.)
2. Ефимов, И. Е., Горбунов, Ю. И., Козырь, И. Я.; Микроэлектроника. Проектирование, виды микросхем, функциональная микроэлектроника : учеб. пособие для вузов.; Высшая школа, Москва; 1987 (26 экз.)

3. Ефимов, И. Е., Горбунов, Ю. И., Козырь, И. Я.; Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность : [учеб. пособие для приборостроит. специальностей вузов].; Высшая школа, Москва; 1986 (21 экз.)

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

1. Institute of Physics (IOP). <http://iopscience.iop.org>
2. Российский фонд фундаментальных исследований РФФИ. <https://www.rfbr.ru>
3. Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru>
4. Электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>
5. Зональная научная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>
6. Официальные сайты международных и российских конференций по физике наноматериалов

### **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**

1. Российская государственная библиотека. <http://www.rsl.ru>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. <http://www.gpntb.ru>

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

### **Методы нанолитографии**

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

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
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>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Кинетика и механизм твердофазного синтеза**

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	Гаврилова Людмила Яковлевна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	Департамент фундаментальной и прикладной химии

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики**

Протокол № 3 от 17.03.2022 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Гаврилова Людмила Яковлевна, Доцент, Департамент фундаментальной и прикладной химии

## 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
P1	Предмет и задачи дисциплины	Роль твердофазных реакций в современных технологиях. Основные положения химической кинетики. Активационные процессы. Классификация реакций твердых тел.
P2	Экспериментальные методы исследования твердых тел	Термогравиметрический метод. Анализ выделяющегося газа: масс-спектрометрия, хроматография. Изо- и неизотермические методы. Микроскопические методы: оптическая и электронная микроскопия. Рентгеновские методы. Спектроскопические методы: инфракрасная, комбинационное рассеяние, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Магнитные измерения. Измерение электропроводности и диэлектрических свойств. Химико-аналитические методы.
P3	Реакции в смесях порошков	Последовательное и параллельное протекание стадий. Индукционный период. Учение о лимитирующей стадии. Изо- и неизотермические условия осуществления. Геометрические модели реакций: Яндера, Вагнера, Коматсу. Модельные кинетические уравнения: Ерофеева-Авраами, сжимающейся сферы, Яндера, Гистлинга-Броунштейна и другие. Обработка экспериментальных данных (методы линеаризации, метод приведенных координат).
P4	Модельные представления о механизме твердофазных реакций	Окисление металлов. Термодинамическая теория Вагнера. Электрохимический перенос. Вывод основного уравнения. Сопряженная химическая диффузия заряженных частиц. Термодинамическая теория Вагнера-Шмальцрида. Исходные



		<p>посылки теории. Вывод основного уравнения. Рациональные константы скорости для различных соотношений коэффициентов диффузии ионов. Расчет рациональных констант и сравнение с экспериментальными данными для различных сложных ионных соединений. Возможные причины расхождения экспериментальных и расчетных констант.</p>
--	--	--

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

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

### 1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Кинетика и механизм твердофазного синтеза

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Уваров, Н. Ф.; Химия твердого тела : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575292> (Электронное издание)
2. Уваров, , Н. Ф.; Химия твердого тела : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/99242.html> (Электронное издание)
3. Артамонова, , О. В.; Химия твердого тела : учебное пособие.; Ай Пи Ар Медиа, Москва; 2021; <http://www.iprbookshop.ru/108355.html> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Ярославцев, А. Б.; Химия твердого тела : [монография].; Научный Мир, Москва; 2009 (6 экз.)
2. Третьяков, Ю. Д., Путляев, В. И.; Введение в химию твердофазных материалов : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Химия, физика и механика материала".; Издательство Московского университета : Наука, Москва; 2006 (4 экз.)
3. Вест, Антони Р., А. Р.; Химия твердого тела. Теория и приложения : В 2 ч. : Пер. с англ. Ч. 1. ; Мир, Москва; 1988 (10 экз.)
4. Вест, Антони Р., А. Р.; Химия твердого тела. Теория и приложения : В 2 ч. : Пер. с англ. Ч. 2. ; Мир, Москва; 1988 (10 экз.)
5. Чеботин, В. Н., Козлова, В. И., Михайлов, А. Я.; Физическая химия твердого тела; Химия, Москва; 1982 (23 экз.)
6. Жуковский, В. М.; Термодинамика и кинетика реакций в твердых телах : Учеб. пособие. Ч. 1. ; Издательство Уральского университета, Свердловск; 1987 (58 экз.)
7. Жуковский, В. М.; Термодинамика и кинетика реакций в твердых телах : Учеб. пособие. Ч. 2. ; Изд-во Урал. гос. ун-та, Свердловск; 1987 (53 экз.)
8. Браун, М., Охотников, В. Б., Чупахин, А. П., Болдырев, В. В.; Реакции твердых тел; Мир, Москва; 1983 (1 экз.)

## Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Российский фонд фундаментальных исследований РФФИ. <https://www.rfbr.ru/>
2. Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru>
3. Электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>
4. Зональная научная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>

## 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

1. Российская государственная библиотека. <http://www.rsl.ru>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. <http://www.gpntb.ru>

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Кинетика и механизм твердофазного синтеза

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

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Подключение к сети Интернет	
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Методы анализа и контроля**  
**наноструктурированных материалов**

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	Мурзакаев Айдар Маркович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

**Рекомендовано учебно-методическим советом института** Естественных наук и математики

Протокол № 3 от 17.03.2022 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Мурзакаев Айдар Марксович, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

## 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
P1	Введение. Предмет и задачи курса	Предмет, цель, задачи и структура курса. Понятие структуры материалов, специфические требования к методам диагностики наночастиц и наноматериалов. Общие характеристики методов изучения, анализа и диагностики объемных и наноструктурированных материалов. Определяющее значение аналитических методов в исследовательской практике и в условиях производства для создания наноматериалов с заданными свойствами и контроля качества материалов и приборов.
P2	Методы и приборы для определения элементного состава наноматериалов	Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества. Введение в рентгеноспектральный анализ. Методы возбуждения рентгеновских спектров. Источники рентгеновского излучения. Работа рентгеновской трубки. Классификация рентгеновских переходов. Сплошной и характеристический рентгеновский спектр. Синхротронное излучение. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество. Классическая теория поглощения рентгеновских лучей. Квантовая теория поглощения рентгеновских лучей. Закон поглощения рентгеновских лучей, рентгеновская дефектоскопия, фильтрация рентгеновского излучения. Преломление рентгеновских лучей. Флюоресцентное излучение. Спектрометры рентгеновского излучения с волновой и

		<p>энергетической дисперсией. Микрорентгеноспектральный анализ, схема прибора, особенности применения. Спектрометрические схемы в рентгеноспектральном флуоресцентном анализе. Интенсивность линий флуоресценции. Количественный анализ в рентгеноспектральном флуоресцентном анализе. Аналитические возможности метода.</p>
<b>P3</b>	Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии	<p>Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии. Сущность методов электронной спектроскопии, Оже- электронные и рентгеновские фотоэлектронный спектры. Информационная глубина. Схема спектрометров, типы приборов. Элементарная чувствительность. Подготовка образцов. Изучение профилей распределения концентрации по глубине. Качественный и количественный Оже- и ЭСХА- анализ. Характеристика применений.</p>
<b>P4</b>	Исследование состава наноматериалов методом вторичной ионной масс-спектрометрии	<p>Исследование состава наноматериалов методом вторичной ионной масс-спектрометрии (ВИМС). Физические основы метода ВИМС и формирование сигнала. Аппаратура метода и его аналитические характеристики. Статический и динамический режимы работы. Подготовка образцов. Анализ распределений концентрации по глубине. Количественный анализ ВИМС. Области применимости метода.</p>
<b>P5</b>	Методы и приборы для изучения микроструктуры наночастиц и наноматериалов	<p>Методы и приборы для изучения микроструктуры наночастиц и наноматериалов. Теоретические основы дифракционных методов исследования структуры материалов. Кинематическая теория рассеяния, основные положения кинематической теории рассеяния и область ее применения. Вектор и угол рассеяния. Выражения для амплитуды рассеяния волн в кинематическом приближении. Рассеяние на объектах с периодической структурой. Обратная решетка, связь между прямой и обратной решетками. Уравнение дифракции Лауэ. Формула Вульфа-Брегга. Построение Эвальда. Фактор формы и рассеяние кристаллами конечных размеров. Угловая ширина дифракционного максимума в кинематическом приближении. Рассеяние поликристаллами, аморфными телами.</p>
<b>P6</b>	Элементы динамической теории рассеяния	<p>Элементы динамической теории рассеяния. Рассеяние идеальными кристаллами. Волновое поле в кристалле. Экстинкция. Двухволновое приближение. Отражение по схеме Брегга. Область полного интерференционного отражения. Интегральный коэффициент отражения в динамическом приближении.</p>
<b>P7</b>	Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов	<p>Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов. Рассеяние рентгеновских лучей электроном. Поляризация рассеянного излучения. Рассеяние атомов - атомная амплитуда когерентного рассеяния рентгеновских лучей. Рассеяние кристаллом - структурная амплитуда рассеяния. Влияние температуры на интенсивность дифракционной картины. Интегральный коэффициент отражения.</p>

<b>P8</b>	Способы регистрации рентгеновской дифракционной картины	Способы регистрации рентгеновской дифракционной картины. Работа рентгеновского дифрактометра. Метод поликристалла (Дебая-Шерера). Геометрия рентгенограмм и интенсивность дифракционных максимумов на рентгенограммах поликристаллов. Расчет и индцирование рентгенограмм.
<b>P9</b>	Фазовый анализ материалов	Идентификация вещества по данным межплоскостных расстояний. Фазовый анализ материалов. Возможности количественного и качественного анализа. Прецизионное определение параметров кристаллической решетки и его приложения в материаловедении. Оценка точности. Рентгенографическое определение напряжений 1 рода, коэффициентов теплового расширения, исследование твердых растворов. Анализ уширения профиля рентгеновских дифракционных максимумов. Оценка размеров нанокристаллов.
<b>P10</b>	Использование высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии для изучения наноразмерных пленок, эпитаксиальных композиций	Влияние текстуры на дифракционную картину поликристаллов. Понятие о полюсных фигурах. Работа и устройство двухкристального рентгеновского спектрометра. Использование высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии для изучения наноразмерных пленок, эпитаксиальных композиций, диффузионных и ионно-имплантированных слоев, анализа глубины и профиля искажений.
<b>P11</b>	Методы, основанные на дифракции электронов	Методы, основанные на дифракции электронов. Электронография. Особенности рассеяния электронов атомами вещества. Принцип работы электронографа и типы электронограмм. Подготовка образцов. Применение электронографии. Симметрия точечных электронограмм. Расчет и индцирование электронограмм. Электронограммы поликристаллов, влияние текстуры.  Исследование структуры поверхности кристаллов методом дифракции медленных электронов (ДМЭ). Схема эксперимента, формирование дифракционной картины. Анализ поверхностных сверхструктур. Основные результаты и области применений.
<b>P12</b>	Просвечивающая электронная микроскопия	Оптическая схема электронного микроскопа. Наблюдение в светлом и темном поле. Микродифракция. Разрешающая способность электронного микроскопа. Понятие о дифракционном контрасте. Колонковое приближение. Использование амплитудно-фазовых диаграмм для анализа контраста. Контраст на границах зерен, дефектах упаковки, дислокациях. Возможность определения направления и знака вектора Бюргера дислокаций, типа дислокационных петель.
<b>P13</b>	Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц	Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Основные принципы электронно-зондового анализа и взаимодействие электронного пучка с образцом. Схема РЭМ и особенности формирования изображения. Виды контраста в РЭМ. Разрешающая способность и качество изображения. Дополнительная обработка сигнала в РЭМ для получения

		информации. Подготовка образцов различных материалов для исследования с помощью РЭМ. Области применений.
<b>P14</b>	Сканирующая зондовая микроскопия	Сканирующие туннельный и атомно-силовой микроскопы. Принципы построения и работы приборов. Режимы работы СТМ и АСМ. Дополнительные возможности сканирующей зондовой микроскопии. Применение метода для определения шероховатости сверхгладких поверхностей. Просвечивающая электронная микроскопия для определения геометрических параметров и размеров наночастиц. Сравнительный анализ возможностей методов микроскопии для изучения наноструктур и наночастиц.
<b>P15</b>	Плазмонный резонанс	Плазмонный резонанс. Оптические свойства металлических наночастиц. Оптические свойства электронного газа в металлах. Поверхностный плазмонный резонанс сферической металлической наночастицы. Измерение спектров оптического пропускания на спектрофотометре. Определение размеров металлических наночастиц из спектра плазмонного резонанса.
<b>P16</b>	Методы, основанные на спектроскопии магнитного резонанса	Методы, основанные на спектроскопии магнитного резонанса. Введение в радиоспектроскопию. Магнитный резонанс. Классификация методов магнитного резонанса. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Электронный ферромагнитный резонанс (ФМР). Электронный антиферромагнитный резонанс (АФМР). Двойной электронно-ядерный магнитный резонанс (ДЭЯР). Оптически детектируемый магнитный резонанс (ОДМР). Циклотронный резонанс (ЦР).
<b>P17</b>	Основы метода ЭПР и его применение для изучения низкоразмерных систем	Основы метода ЭПР. Условие возникновения электронного парамагнитного резонанса. Основные параметры спектров ЭПР. Положение сигнала ЭПР и g-фактор. Интенсивность, ширина и форма линий ЭПР. Сверхтонкая структура спектров ЭПР. Тонкая структура спектров ЭПР. Техника эксперимента электронного парамагнитного резонанса. ЭПР спектрометры. Проведение экспериментов и методика обработки спектров электронного парамагнитного резонанса. Определение g фактора. Определение числа парамагнитных центров.
<b>P18</b>	Специальные методы исследования	Специальные методы исследования. Нейтронография. Возможности применения нейтронографии для изучения наночастиц и наноматериалов. Эмиссионная микроскопия. Ионный проектор. Метод резерфордовского обратного рассеяния ионов.

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

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

### 1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .



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

### **Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов**

#### **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. Барыбин, А. А.; Физико-технологические основы макро-, микро, и наноэлектроники : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457643> (Электронное издание)
3. Елисеев, А. А.; Функциональные наноматериалы : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68876> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Гусев, А. И.; Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2009 (6 экз.)
2. Елисеев, А. А., Лукашин, А. В., Третьяков, Ю. Д.; Функциональные наноматериалы : учеб. пособие для студентов ст. курсов, обучающихся по специальности 020101 (011000) - Химия.; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2010 (3 экз.)
3. Брандон, Д., Каплан, У., Баженов, С. Л., Егорова, О. В.; Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подгот. "Прикладные математика и физика".; Техносфера, Москва; 2004 (43 экз.)
4. Стенсел, Стенсел Д.; Спектроскопия комбинационного рассеяния в катализе : Пер. с англ.; Мир, Москва; 1994 (1 экз.)
5. , Бородин, П. М.; Ядерный магнитный резонанс : межвузовский сборник. Вып. 7. Применение ядерного магнитного резонанса в народном хозяйстве; Издательство Ленинградского университета, Ленинград; 1988 (1 экз.)
6. Пул, Ч., Головин, Ю. И., Лучинин, В. В.; Нанотехнологии : учеб. пособие для вузов.; Техносфера, Москва; 2005 (22 экз.)
7. Синдо, Д., Иванов, С. А.; Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия; Техносфера, Москва; 2006 (2 экз.)

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

1. Institute of Physics (IOP). <http://iopscience.iop.org>
2. Российский фонд фундаментальных исследований РФФИ. <https://www.rfbr.ru>
3. Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru>
4. Электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>
5. Зональная научная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>
6. Официальные сайты международных и российских конференций по физике наноматериалов
7. Наноцентры. Нанотехнологии. Образование. Карьера. <http://www.rsci.ru/nanotech>
8. Научно-информационный портал Всероссийского института научной и технической информации РАН. Интернет-энциклопедия по Нанотехнологиям [Электронный ресурс]. <http://science.viniti.ru>
9. Российский электронный НАНОЖУРНАЛ. <http://www.nanorf.ru>

10. Сайт Нанотехнологического Сообщества. <http://www.nanometer.ru>

11. Федеральный интернет-портал "Нанотехнологии и наноматериалов". <http://www.portalnano.ru>

### **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**

1. Российская государственная библиотека. <http://www.rsl.ru>

2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. <http://www.gpntb.ru>

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

### **Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов**

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

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	<b>Не требуется</b>

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES