

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

Код модуля	Модуль
1147086	Физика материалов электронной техники

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Приборостроение	<b>Код ОП</b> 1. 12.03.01/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Приборостроение	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 12.03.01

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	Гроховский Виктор Иосифович	кандидат технических наук, старший научный сотрудник	Доцент	физических методов и приборов контроля качества
2	Зацепин Анатолий Федорович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	физических методов и приборов контроля качества

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Физика материалов электронной техники

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Физика материалов электронной техники» содержит следующие дисциплины: «Физика конденсированного состояния», «Материалы и элементы электронной техники», «Электротехнические материалы и устройства». Модуль закладывает основы знаний для подготовки студентов по электронике и последующего изучения дисциплин «Аналоговые устройства электронной техники», «Схемотехника импульсных устройств», «Микропроцессорная техника». Рассматриваются вопросы теории линейных электрических цепей, физических процессов и явлений в материалах электронной техники и технологии их получения, принципы работы, параметры и характеристики электронных приборов.

## 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	Физика конденсированного состояния	4
2	Физические основы управления структурой материалов	4
3	Методы анализа структуры и химического состава материалов	4
ИТОГО по модулю:		12

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Основы электронной техники
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
Методы анализа структуры и химического	ПК-1 - Способен анализировать и разрабатывать	У-4 - Проводить анализ технологии изготовления, условий эксплуатации контролируемого объекта и выявлять его

состава материалов	технологическую и нормативную документацию по НК контролируемого объекта	элементы и участки с наибольшей вероятностью появления дефектов
	ПК-2 - Способен оценивать влияние качества материалов, сырья, полуфабрикатов на качество готовой продукции	<p>З-2 - Определять требования к качеству используемых в производстве материалов на основе действующих стандартов, технических условий на используемые материалы</p> <p>З-3 - Различать методики измерения и контроля характеристик материалов, заготовок и комплектующих изделий</p> <p>П-1 - Систематизировать данные о фактическом уровне качества поступающих материалов, сырья, полуфабрикатов и комплектующих изделий</p> <p>П-3 - Выполнять статистическую обработку результатов контроля и измерений</p>
Физика конденсированного состояния	ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества	<p>З-1 - Привести примеры основных закономерностей развития природы, человека и общества</p> <p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p>
	ПК-1 - Способен анализировать и разрабатывать технологическую и нормативную документацию по НК контролируемого объекта	<p>З-4 - Сформулировать физические основы методов неразрушающего контроля</p> <p>У-4 - Проводить анализ технологии изготовления, условий эксплуатации контролируемого объекта и выявлять его элементы и участки с наибольшей вероятностью появления дефектов</p>
	ПК-2 - Способен оценивать влияние качества материалов, сырья, полуфабрикатов	У-1 - Оценивать влияние качества материалов, сырья, полуфабрикатов на качество готовой продукции

	на качество готовой продукции	
Физические основы управления структурой материалов	ПК-1 - Способен анализировать и разрабатывать технологическую и нормативную документацию по НК контролируемого объекта	У-4 - Проводить анализ технологии изготовления, условий эксплуатации контролируемого объекта и выявлять его элементы и участки с наибольшей вероятностью появления дефектов  П-1 - Осуществлять обоснованный выбор эффективных технологий НК и средств контроля для применения в конкретных условиях
	ПК-2 - Способен оценивать влияние качества материалов, сырья, полуфабрикатов на качество готовой продукции	З-1 - Классифицировать нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества продукции  З-2 - Определять требования к качеству используемых в производстве материалов на основе действующих стандартов, технических условий на используемые материалы  З-4 - Изложить основные законы механики разрушения материалов  У-1 - Оценивать влияние качества материалов, сырья, полуфабрикатов на качество готовой продукции  П-1 - Систематизировать данные о фактическом уровне качества поступающих материалов, сырья, полуфабрикатов и комплектующих изделий  П-2 - Разрабатывать предложения по повышению качества получаемых материалов, сырья, полуфабрикатов и комплектующих изделий  П-3 - Выполнять статистическую обработку результатов контроля и измерений

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физика конденсированного состояния**

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	Зацепин Анатолий Федорович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	физических методов и приборов контроля качества
2	Кузнецова Юлия Алексеевна	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:

- Зацепин Анатолий Федорович, Профессор, физических методов и приборов контроля качества
- Кузнецова Юлия Алексеевна, Старший преподаватель, 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, место в системе подготовки бакалавров по данным направлениям. Характеристика учебной литературы. Краткие исторические сведения о развитии физики конденсированного состояния и родственных наук. Вклад отечественных и зарубежных ученых. Роль науки о твердом состоянии вещества в современном мире.
2	Строение твердых тел	Классификация структурных состояний твердого тела. Кристаллические и аморфные тела. Ближний и дальний порядок. Пространственная решетка и ее свойства. Однородность и анизотропия. Элементарная ячейка. Простые и сложные ячейки. Трансляционная и точечная симметрия кристаллов. Ячейка Вигнера-Зейтца. Трансляционные решетки Браве. Кристаллографические символы. Задание узлов, направлений и плоскостей в кристаллической решетке. Симметрия и физические свойства кристаллов.  Обратная решетка и ее свойства. Волновые процессы в кристаллической решетке. Зона Бриллюэна. Закон Вульфа-Брэггов. Интерференционные уравнения Лауэ. Построение Эвальда. Дифракционные методы определения атомной

		структуры кристаллов. Рентгенография, электронография, нейтронография.
3	Межатомные взаимодействия и типы связей в твердых телах	Классификация твердых тел по типу межатомных связей. Энергия сил связи. Силы Ван-дер-Ваальса в молекулярных кристаллах (дисперсионные, ориентационные и индукционные взаимодействия). Ионные кристаллы. Энергия решетки и постоянная Маделунга. Ковалентные кристаллы. Металлическая связь и металлические кристаллы. Кристаллы с водородными связями. Сравнительная характеристика различных типов связи в твердых телах.
4	Дефекты в твердых телах	Классификация дефектов решетки кристаллов. Тепловые точечные дефекты и их свойства. Энергия образования дефекта.  Равновесная концентрация дефектов Шоттки. Равновесная концентрация дефектов Френкеля. Влияние колебательной энтропии на равновесную концентрацию точечных дефектов. Комплексы точечных дефектов, энергия связи и концентрация.  Радиационные дефекты. Миграция дефектов в решетке. Диффузия, ионная проводимость в твердых телах. Методы исследования дефектов структуры кристаллов.
5	Динамика кристаллической решетки	Нормальные колебания. Описание теплового движения атомов в кристаллах в рамках адиабатического и гармонического приближений. Колебания однородной струны. Упругие волны в кристаллах. Закон дисперсии. Колебания линейной цепочки одинаковых атомов. Колебания цепочки с 2-атомным базисом. Акустические и оптические колебания. Колебания трехмерной решетки (1-атомный кристалл и кристалл с базисом).  Распределение колебаний по частотам. Локализованные колебания. Фононы и фононная статистика. Электронная и решеточная теплоемкости. Теория теплоемкости Дебая и Эйнштейна. Ангармонические эффекты. Тепловое расширение твердых тел.
6	Электронная теория твердого тела	Классификация твердых тел по электропроводности. Металлы, диэлектрики, полупроводники. Сверхпроводимость.  Основы зонной теории. Стационарное уравнение Шредингера для кристалла. Одноэлектронное приближение. Электрон в периодическом поле. Функция Блоха. Свойства волнового вектора электрона в кристалле. Энергетический спектр электронов в одномерном кристалле. Модель Кронига-Пенни. Закон дисперсии для электрона. Схемы периодических, расширенных и приведенных зон.  Динамические свойства электрона в кристалле. Приближение эффективной массы. Положительная дырка. Распределение электронных уровней внутри энергетической зоны. Плотность электронных состояний. Заполнение энергетических зон электронами. Методы исследования энергетического спектра электронных состояний в твердых телах.



7	Физические свойства полупроводников	<p>Собственные и примесные полупроводники. Функция распределения в статистике Ферми-Дирака. Концентрация носителей заряда в собственных и примесных полупроводниках при термодинамическом равновесии. Закон действующих масс. Зависимость концентрации носителей и положения уровня Ферми от температуры. Неравновесные носители заряда, виды их генерации и рекомбинации. Время жизни неравновесных носителей.</p> <p>Электропроводность. Подвижность носителей заряда. Дрейфовый и диффузионный токи в полупроводниках. Оптические явления. Поглощение света, люминесценция и фотопроводимость. Кон-тактные явления. Работа выхода электрона. Контактная разность потенциалов. P-n-переход. МДП-структуры.</p>
8	Физика аморфных материалов	<p>Структура и свойства некристаллических твердых тел. Виды неупорядоченности. Особенности энергетического спектра электронных состояний. Дефекты в аморфных материалах. Перенос носителей заряда в некристаллических полупроводниках и диэлектриках. Температурная зависимость проводимости. Оптические свойства диэлектрических стекол. Металлические стекла. Применение аморфных материалов.</p>
9	Заключение	<p>Перспективы развития физики твердого состояния в XXI веке. Применение результатов теории для управления функциональными свойствами материалов современной техники. Использование дефектов структуры полупроводников и активных диэлектриков (сегнето-, пьезо- и пироэлектриков) как фактора оптимизации режимов электронных процессов, параметров приборов и устройств различного назначения.</p>

### 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 самостоятельной работы	ПК-1 - Способен анализировать и разрабатывать технологическую и нормативную документацию по НК контролируемого объекта	У-4 - Проводить анализ технологии изготовления, условий эксплуатации контролируемого объекта и выявлять его элементы и участки с наибольшей вероятностью появления

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

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

### **Физика конденсированного состояния**

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

1. Сарина, М. П.; Физика твердого тела : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576504> (Электронное издание)
2. Филимонова, Н. И.; Физика конденсированного состояния : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576197> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Павлов, П. В.; Физика твердого тела : Учеб. пособие для вузов.; Высш. шк., Москва; 1985 (9 экз.)
2. Крутецкий, И. В.; Физика твердого тела : учеб. пособие.; СЗПИ, Ленинград; 1974 (19 экз.)
3. Фистуль, В. И.; Физика и химия твердого тела : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 1. ; Металлургия, Москва; 1995 (10 экз.)
4. Фистуль, В. И.; Физика и химия твердого тела : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 2. ; Металлургия, Москва; 1995 (10 экз.)
5. Зацепин, А. Ф.; Физика твердого тела. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлениям подготовки 210100 "Приборостроение", 210600 "Нанотехнология", 221700 "Стандартизация и метрология", 210100 "Электроника и наноэлектроника".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2013 (9 экз.)

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

#### **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**

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

#### Физика конденсированного состояния

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 Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физические основы управления структурой**  
**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	Гроховский Виктор Иосифович	кандидат технических наук, старший научный сотрудник	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	Предмет курса, цели и задачи курса для специальности 210100. Связь курса с другими изучаемыми дисциплинами. Материалы – показатели развития цивилизации. Экологические аспекты курса. История материаловедения.
2	Атомно–кристаллическое строение реальных кристаллов	Агрегатное состояние и свойства материалов. Кристаллическое состояние вещества. Науки о кристаллах. Типы связи в кристаллах и свойства материалов. Элементы кристаллографии: Кристаллическая решетка. Сингонии и решетки Бравэ. Кристаллографические индексы. Анизотропия кристаллов. Дефекты кристаллического строения. Классификация дефектов. Точечные дефекты. Линейные дефекты: Теоретическая прочность кристалла. Краевая дислокация (КД). Винтовая дислокация (ВД). Основные свойства дислокации. Влияния дислокаций на свойства кристаллов. Дисклинация. Поверхностные дефекты (двумерные). Границы зёрен. Строение границ зерен. Малоугловые и большеугловые границы. Специальные границы. Когерентные и полукогерентные межфазные границы. Дефекты упаковки. Диффузия в кристаллических телах. Основные понятия. Законы Фика. Коэффициент диффузии. Эффект Киркендала. Восходящая диффузия. Механизмы диффузии. Диффузия по границам зёрен.
3	Методы исследования структуры материалов	Исследование кристаллов с помощью рентгеновских лучей. Методы Лауэ. Дифрактометрия. Рентгенофазовый анализ. Исследование кристаллов с помощью электронов. Просвечивающая и растровая электронная микроскопия.

		Электроннозондовый микроанализ. Автоионная микроскопия. Оптическая микроскопия. Апертура объектива и разрешающая способность микроскопа. Биологический и металлографический микроскопы. Цифровая микроскопия и количественная металлография. Подготовка образцов для микроскопии.
4	Кристаллизация	Термодинамика фазовых переходов, основные понятия. Кристаллизация чистых веществ. Образование зародышей кристаллизации, критический размер зародыша. Влияние количества центров зарождения и скорости роста на размер зерна поликристаллических материалов. Гетерогенное зарождение. Модификаторы первого и второго рода. Дендритный рост кристаллов. Рост кристаллов и строение слитка. Дефекты слитка. Усадка металла. Фазы в сплавах: твердые растворы замещения, внедрения и вычитания; сверхструктуры, химические соединения; фазы внедрения, электронные соединения, фазы Лавеса, сигма - фазы
5	Физико-химические методы исследования фазовых превращений в сплавах	Диаграммы состояния (ДС) двойных систем. Правило фаз Гиббса и правило рычага. ДС с неограниченной растворимостью компонент в жидком и твердом состояниях, с отсутствием растворимости в твердом состоянии, с ограниченной растворимостью в твердом состоянии, с полиморфизмом компонентов, с эвтектическим, перитектическим, эвтектоидным и перитектоидным превращениями. Виды невариантных равновесий в ДС. Кинетика и механизмы фазовых превращений. ДС тройных систем. Правило Курнакова.
6	Железо и его сплавы	Компоненты и фазы в системе Fe – С. Метастабильная диаграмма состояния железо-цементит. Структурные составляющие в диаграмме железо-цементит, их характеристики, условия образования и свойства. Стабильная диаграмма железо - углерод. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали. Маркировка углеродистых сталей. Влияние легирующих элементов на свойства феррита и аустенита. Структурные классы легированных сталей в условиях равновесия. Классификация и маркировка легированных сталей. Свойства и назначение чугунов. Классификация и маркировка. Ковкий чугун. Высокопрочный чугун. Дефекты стального слитка. Способы повышения качества металлов.
7	Механические свойства металлов и сплавов	Стандартные механические свойства: свойства, определяемые при статическом растяжении, методы определения твердости. Механические испытания при динамических нагрузках. Ударная вязкость материалов. Свойства, определяемые при циклических нагрузках. Усталостное разрушение. Предел выносливости. Пределы ползучести и длительной прочности.
8	Пластическая деформация	Основные виды формоизменения при пластической деформации. Кристаллография пластической деформации. Изменение формы кристалла. Пластическая деформация моно- и поликристаллов. Механизмы пластической деформации. Влияние пластической деформации на структуру и свойства металлов. Стадии деформационного упрочнения кристаллов.

		<p>Явление наклепа. Текстура деформации. Деформация двойникованием. Влияние нагрева на структуру и свойства деформированного металла. Возврат и полигонизация. Первичная рекристаллизация. Собирательная и вторичная рекристаллизация. Факторы, влияющие на размер зерна после рекристаллизации. Текстура рекристаллизации. Влияние нагрева на свойства деформированного металла. Диаграммы рекристаллизации.</p>
9	Фазовые превращения в сплавах железа (теория термической обработки стали)	<p>Образование аустенита при нагреве стали. Рост зерна аустенита. Методы определения размера зерна аустенита. Брак при нагреве стали. Превращение аустенита при охлаждении. Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита. Перлитное превращение. Механизм перлитного превращения. Влияние степени переохлаждения аустенита на строение и свойства перлита. Мартенсит, его строение и свойства. Мартенситное превращение и его особенности. Влияние легирующих элементов на мартенситное превращение. Промежуточное (бейнитное) превращение. Строение и свойства продуктов промежуточного превращения аустенита. Критическая скорость охлаждения и факторы, влияющие на нее. Превращение аустенита при непрерывном охлаждении. Превращения при отпуске стали. Влияние температуры, продолжительности нагрева и легирующих элементов на фазовые и структурные превращения мартенсита при отпуске. Влияние температуры отпуска на механические свойства стали. Обратимая и необратимая отпускная хрупкость.</p>
10	Технология термической обработки стали	<p>Отжиг первого рода и его назначение. Гомогенизация. Рекристаллизационный отжиг. Отжиг для снятия напряжений. Отжиг второго рода с фазовой перекристаллизацией. Назначение полного и неполного отжига стали. Изотермический отжиг. Нормализация стали. Закалка стали. Выбор температуры и продолжительности нагрева под закалку. Контролируемые атмосферы. Методы и способы закалки. Закаливаемость и прокаливаемость стали. Закалочные среды. Дефекты, возникающие при закалке. Обработка стали холодом. Отпуск стали. Виды и назначение отпуска. Термомеханическая обработка стали. Поверхностная лазерная закалка. Старение.</p>
11	Химико-термическая обработка (ХТО) стали	<p>Физические основы ХТО. Механизм образования и строение диффузионного слоя. Стали для цементации. Назначение и виды цементации. Азотирование стали. Свойства азотированного слоя. Области применения азотирования. Нитроцементация стали. Режимы и области использования. Цианирование стали. Силицирование. Борирование. Режимы процессов и области применения. Диффузионная металлизация (алитирование, хромирование). Экологические проблемы технологий ХТО.</p>
12	Нержавеющие стали	<p>Виды коррозии. Конструкционные коррозионностойкие и жаростойкие стали и сплавы. Основные принципы создания коррозионностойких сталей. Общая характеристика коррозионностойких сталей. Нержавеющие стали (мартенситного, мартенситно-ферритного, ферритного и</p>

		аустенитного классов). Коррозионностойкие сплавы на никелевой основе. Жаростойкие стали.
13	Цветные металлы и сплавы	Алюминий и его сплавы. Свойства алюминия. Классификация, обозначения. Взаимодействие алюминия с легирующими элементами. Строение и свойства алюминиевых сплавов в литом и деформированном состоянии. Диаграммы состояния Al-Cu, Al-Mg, Al-Mn. Силумины, дюралюмины, авиали. Виды термической обработки алюминиевых сплавов. Закалка и старение сплавов алюминия. Дисперсионное твердение при естественном и искусственном старении. Области применения. Сплавы на основе меди. Медь и ее свойства. Диаграммы состояния Cu-Zn и Cu-Sn. Латунь, бронзы. Классификация и маркировка. Фазы в сплавах. Области применения. Титан и его сплавы. Свойства титана, взаимодействие титана с легирующими элементами. Классификация легированных сплавов титана по структуре. Диаграммы состояния с легирующими элементами, расширяющими и сужающими область существования бета-фазы. Получение, термообработка и области их применения.

### 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 самостоятельной работы	ПК-1 - Способен анализировать и разрабатывать технологическую и нормативную документацию по НК контролируемого объекта	П-1 - Осуществлять обоснованный выбор эффективных технологий НК и средств контроля для применения в конкретных условиях

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Физические основы управления структурой материалов

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Ржевская, С. В.; *Материаловедение: учебник для вузов : учебник.*; Логос, Москва; 2006; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89943> (Электронное издание)
2. Солнцев, Ю. П.; *Материаловедение: применение и выбор материалов : учебное пособие.*; Химиздат, Санкт-Петербург; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=102722> (Электронное издание)



3. Солнцев, Ю. П., Солнцев, Ю. П.; *Материаловедение специальных отраслей машиностроения : учебное пособие.*; Химиздат, Санкт-Петербург; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98341> (Электронное издание)
4. Солнцев, Ю. П., Солнцев, Ю. П.; *Материаловедение : учебник.*; Химиздат, Санкт-Петербург; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=599263> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Мальцева, Л. А., Бараз, В. Р.; *Материаловедение : учебное пособие.*; УрФУ, Екатеринбург; 2014 (1 экз.)
2. Арзамасов, В. Б., Черепяхин, А. А.; *Материаловедение : учебник.*; Экзамен, Москва; 2009 (4 экз.)
3. Арзамасов, В. Б.; *Материаловедение : учебник для студентов вузов, обучающихся по машиностроительным направлениям.*; Академия, Москва; 2013 (5 экз.)
4. Солнцев, Ю. П., Пряхин, Е. И.; *Материаловедение : учебник для студентов вузов, обучающихся по металлургическим, машиностроительным и общетехническим специальностям.*; ХИМИЗДАТ, Санкт-Петербург; 2007 (11 экз.)

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

#### **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**

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**

#### **Физические основы управления структурой материалов**

#### **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	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Доска аудиторная	
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Методы анализа структуры и химического**  
**состава 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	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 методов анализа структуры материалов Обзор современных методов исследования структуры материалов. Масштабные границы применимости методов. Особенности использования. Обзор технических средств обеспечения методов анализа структуры. 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.

		<p>Гранулометрический анализ</p> <p>Распределение по размерам изолированных частиц. Гранулометрический состав по-рошков. Ситовый метод анализа. Методы седиментации. Лазерная гранулометрия наночастиц. Анализ изображения в гранулометрии.</p> <p>Рентгеновские методы анализа структуры</p> <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 нано-объектов. Устройства для реализации рентгеновской нанотомографии в растровом электронном микроскопе. Примеры использования микротомографов для исследования материалов.</p> <p>Электронная микроскопия</p> <p>Электронный микроскоп</p> <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> <p>Сканирующая зондовая микроскопия</p> <p>Сканирующая туннельная микроскопия</p> <p>Туннельный эффект. Принцип работы сканирующего туннельного микроскопа. Технические возможности сканирующего туннельного микроскопа. Требования к</p>
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		<p>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> <p>Мессбауэровская спектроскопия</p> <p>Эффект Мессбауэра. Условия резонанса. Резонансные изотопы. Сверхтонкие расщепления и мессбауэровские параметры. Схема расщепления ядерных уровней. Способы измерения мессбауэровских спектров. Мессбауэровская спектроскопия с высоким скоростным разрешением. Прецизионный автоматизированный мессбауэровский спектрометрический комплекс для фундаментальных и прикладных задач. Примеры применения мессбауэровской спектроскопии на основе опыта сотрудников Физико-технического факультета УрФУ (материаловедческие и биомедицинские исследования).</p>
3	Методы анализа химического состава материалов	<p>Обзор методов анализа химического состава</p> <p>ЯМР, ЭПР, рентгеновская фотоэлектронная спектрометрия, спектрометрия энергетических потерь электронов, масс-спектрометрия вторичных ионов, электрохимические методы анализа и др.</p> <p>Молекулярная оптическая спектроскопия</p> <p>Виды молекулярной оптической спектроскопии. Природа возникновения спектров в ИК, УФ и видимой областях спектра. Приборы оптической спектроскопии.</p> <p>Инфракрасная спектроскопия</p> <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> <p>Атомно-эмиссионный анализ</p>

		<p>Суть метода. Атомизация молекул. Возбуждение излучения атомов и ионов элементов пробы. Спектр. Идентификация линий. Определение количественного содержания элементов.</p> <p>Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия</p> <p>Понятие флуоресценции. Рентгенофлуоресцентный анализ. Выход рентгеновской флуоресценции. Подготовка пробы к анализу. Применение метода РФА.</p> <p>Спектрометрия Оже-электронов</p> <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> <p>Рентгеновский микроанализ</p> <p>Определение рентгеновского микроанализа. Применение и особенности электронно-зондового микроанализа. Подготовка образцов. Количественный анализ. Метод внешнего стандарта в рентгеноспектральном микроанализе. Распределительный анализ гетерогенных структур методом рентгеноспектрального микроанализа.</p> <p>Масс-спектрометрия</p> <p>История масс- спектроскопии, Принцип работы и устройство масс-спектрометра. Источники ионов. Масс-анализаторы. Непрерывные и импульсные масс-анализаторы. Детекторы ионов. Применение масс-спектрометрии. Масс-спектроскопия вторичных ионов (ВИМС).</p> <p>Атомно-абсорбционный анализ</p> <p>Методы атомно-абсорбционной спектроскопии. Пламенная и электротермическая атомно-абсорбционная спектроскопия. Атомизаторы. Источники света в атомно-абсорбционной спектроскопии. Схема атомно-абсорбционного спектрофотометра. Количественный анализ в ААС. Закон Бугера-Ламберта-Бера.</p> <p>Электронная спектроскопия</p> <p>Фотоэлектронная спектроскопия, фотоэффект. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Колебательная электронная спектроскопия. Электронные спектры поглощения.</p>
4	Заключение	Итоги курса. Формулирование, какие знания должны были быть получены. Направление дальнейшего обучения. Выдача заданий для самостоятельной подготовки.

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-2 - Способен оценивать влияние качества материалов, сырья, полуфабрикатов на качество готовой продукции	З-3 - Различать методики измерения и контроля характеристик материалов, заготовок и комплектующих изделий

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Методы анализа структуры и химического состава 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. Неволин, В. К.; Квантовая физика и нанотехнологии; РИЦ Техносфера, Москва; 2013; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=88981> (Электронное издание)
3. , Солнцев, Ю. П.; Нанотехнологии и специальные материалы : учебное пособие.; Химиздат, Санкт-Петербург; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98343> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Пул, Ч., Оуэнс, Ф., Головин, Ю. И.; Нанотехнологии : учеб. пособие для студентов , обучающихся по направлению подгот. "Нанотехнологии".; ТЕХНОСФЕРА, Москва; 2004 (15 экз.)
2. Пул, Ч., Оуэнс, Ф., Головин, Ю. И., Лучинина, В. В.; Нанотехнологии : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подгот. "Нанотехнологии".; Техносфера, Москва; 2005 (15 экз.)
3. Пул, Ч., Оуэнс, Ф., Головин, Ю. И.; Нанотехнологии : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению "Нанотехнологии".; Техносфера, Москва; 2007 (1 экз.)
4. Пул, Ч., Оуэнс, Ф., Головин, Ю. И.; Нанотехнологии : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подгот. "Нанотехнологии".; Техносфера, Москва; 2009 (3 экз.)
5. Пул, Ч., Головин, Ю. И., Лучинин, В. В.; Нанотехнологии : учеб. пособие для вузов.; Техносфера, Москва; 2005 (22 экз.)
6. Андриевский, Р. А., Рагуля, А. В.; Наноструктурные материалы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов 651800 "Физ. материаловедение".; Академия, Москва; 2005 (15 экз.)
7. , Кавалейро, А., Хоссон, Д. де, Хачоян, А. В., Андриевский, Р. А.; Наноструктурные покрытия : [сборник].; Техносфера, Москва; 2011 (1 экз.)
8. Андриевский, Р. А.; Наноструктурные материалы : учеб. пособие для вузов.; Academia, Москва; 2005 (23 экз.)



9. Суздалев, И. П.; Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов; [КомКнига], Москва; 2006 (3 экз.)
10. Суздалев, И. П.; Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов; ЛИБРОКОМ, Москва; 2009 (2 экз.)
11. Суздалев, И. П.; Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов; [КомКнига, Москва; 2006] (3 экз.)

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

### **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**

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

#### **Методы анализа структуры и химического состава 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  Доска аудиторная	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

