

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
1146647	Реальная структура и свойства твердых тел

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Физика	<b>Код ОП</b> 1. 03.03.02/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Физика	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 03.03.02

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Тебеньков Александр Владимирович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
2	Титов Александр Натанович	доктор физико- математических наук, без ученого звания	Профессор	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Реальная структура и свойства твердых тел

### 1.1. Аннотация содержания модуля

Целью курса является развитие представлений о влиянии структурных дефектов в твердых телах на различные физические свойства реальных кристаллов. Формирование физических свойств современных конструкционных и функциональных материалов требует всестороннего учета реального атомного строения. Многие практически важные свойства, такие как прочность и пластичность, диффузия, оптические и магнитные характеристики, электропроводность и др. в значительной степени определяются именно существующими в твердом теле различными дефектами атомного строения, их концентрацией и особенностями взаимодействия. Наряду с теоретическим изложением разделов дисциплины используются наглядные демонстрации изменения свойств материалов при механическом воздействии. Изучение данной дисциплины предусматривает рассмотрение реальных примеров и самостоятельное решение задач по соответствующим разделам курса, что способствует более глубокому усвоению учебного материала. Студенты получают навыки творческого подхода при прогнозировании физических и технических свойств различных материалов на основе знаний о механизмах их формирования в реальных кристаллах.

### 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	Реальная структура и свойства твердых тел	3
ИТОГО по модулю:		3

### 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Математические основы профессиональной деятельности 2. Общая физика 3. Теоретическая физика
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
Реальная структура и свойства твердых тел	ОПК-1 - Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности	<p>З-2 - Интерпретировать основные теоретические положения фундаментальных разделов естественных наук, необходимые для освоения компетенций по профилю деятельности</p> <p>У-1 - Определять пути решения задач профессиональной деятельности, опираясь на знания основных закономерностей, законов, теории математики</p> <p>У-2 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов с использованием знаний фундаментальных разделов естественных наук и объективных законов природы</p> <p>П-2 - Демонстрировать навыки использования основных естественнонаучных законов, теорий и принципов в важнейших практических приложениях</p> <p>Д-1 - Демонстрировать навыки самообразования</p>
	ПК-1 - Способен использовать знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния	<p>З-1 - Знать основные методы теоретических и экспериментальных физических исследований</p> <p>У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы</p> <p>П-1 - Предлагать использование методов теоретических и экспериментальных физических исследований при решении поставленных задач</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Реальная структура и свойства твердых тел**

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	Тебеньков Александр Владимирович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем
2	Титов Александр Натанович	доктор физико- математических наук, без ученого звания	Профессор	физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

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

Протокол № 1 от 18.01.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Тебеньков Александр Владимирович, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
- Титов Александр Натанович, Профессор, 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	Кристаллические решётки. Химическая связь. Кристаллохимия	Размерность, периодичность, симметрия кристаллических решёток. Морфотропия, полиморфизм, политипия, изоморфизм. Плотнейшие упаковки.
P2	Дефекты в твёрдых телах	Классификации дефектов: собственные и примесные, статические и динамические, размерность дефектов.  Вакансии в металлах и сплавах. Их термодинамика. Антиструктурные дефекты.  Вакансии в ионных кристаллах. Нестехиометрия. Вакансии в ковалентных кристаллах. Электронная компенсация вакансий.
P3	Диффузия примеси	Диффузия примесных атомов. Общие формулы. Миграция вакансий и самодиффузия. Ионная проводимость. Числа переноса и методы их измерения.
P4	Термодинамика точечных дефектов	Термодинамика собственных точечных дефектов. Диаграммы Броуэра — Крегера. Предельные случаи.  Термодинамика примесных точечных дефектов. Электроотрицательность. Термодинамическое описание примесной растворимости. Микроскопические модели растворения примеси. Модель Вайзера. Ретроградная растворимость.

<b>P5</b>	Свойства кристаллов, определяемые точечными дефектами	<p>Примеси в металле. Виртуальные связанные состояния (ВСС). Электронные свойства систем с ВСС: теория и эксперимент. Магнитные примеси и ВСС.</p> <p>Примеси в полупроводниках. Элементарная зонная теория полупроводников. Элементарная теория примесных состояний. Статистика электронов и дырок. Плотность состояний и функция распределения Ферми-Дирака.</p> <p>Собственный и примесный полупроводники. Заполнение примесных уровней. Примесный полупроводник при низкой температуре. Некристаллические полупроводники.</p>
<b>P6</b>	Взаимодействие точечных дефектов	Сложные дефекты. Ионные пары. А-центры. F-центры. Поляроны. Экситоны. Радиационные дефекты под воздействием разных типов радиации: гамма-лучи, бета-лучи, нейтроны, тяжёлые ионы. Подпороговые механизмы образования радиационных дефектов.
<b>P7</b>	Дислокации	<p>Общие представления о дислокационных дефектах в кристаллах. Винтовые и краевые дислокации. Вектор Бюргерса. Методы наблюдения. Взаимодействие дислокаций. Движение дислокаций.</p> <p>Взаимодействие дислокаций с дефектами. Электрическое и упругое взаимодействия. Источники образования дислокаций. Источник Франка-Рида. Ростовые дислокации. Наследуемые дислокации. Закрепление дислокаций примесями, включениями и переплетением друг с другом. Плоские дефекты: мало- и большеугловые границы зёрен. Двойники. Дефекты упаковки.</p>
<b>P8</b>	Объёмные (макроскопические) дефекты в твердых телах	<p>Виды объёмных дефектов. Микронапряжения. Тепловой удар. Трещины. Условие Гриффитса. Поры. Механизмы их образования. Эффекты Френкеля и Киркендала.</p> <p>Пористость и другие макро-дефекты в реальных кристаллах. Эффект Л.Титова. Эффекты Френкеля и Киркендала. Напряжения в диффузионной зоне. Заряженные поры. Вакансионный пробой. Пористость в телах с летучим компонентом. Диффузия в телах с макродефектами.</p>
<b>P9</b>	Поверхность	Поверхность твердого тела. Состояния Тамма и Шокли. Смачивание и растекание. Физическая адсорбция газов. Хемосорбция на металлах и полупроводниках. Поверхностная диффузия. Эффект Ребиндера.
<b>P10</b>	Применение кристаллических материалов	Металлы. Интерметаллические соединения (фазы) в сплавах. Пластические свойства металлических моно- и поликристаллов. Пластичность сплавов и интерметаллических соединений. Явления ползучести и усталости в металлах и сплавах. Усталость металла.

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

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-1 - Способен использовать знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния	У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Реальная структура и свойства твердых тел

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Жданов, Г. С.; Физика твердого тела : монография.; Издательство МГУ, Москва; 1962; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=475621> (Электронное издание)
2. Ашкрофт, Н., Н.; Физика твердого тела; Мир, Москва; 1978; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483337> (Электронное издание)
3. Киттель, Ч., Ч.; Введение в физику твердого тела; Наука, Москва; 1978; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483361> (Электронное издание)
4. , Голдсמיד, Г. Д.; Задачи по физике твердого тела; Наука, Москва; 1976; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483354> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Фистуль, В. И.; Физика и химия твердого тела : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 1. ; Металлургия, Москва; 1995 (10 экз.)
2. Фистуль, В. И.; Физика и химия твердого тела : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 2. ; Металлургия, Москва; 1995 (10 экз.)
3. Шаскольская, М. П.; Кристаллография : Учеб. пособие.; Высшая школа, Москва; 1984 (52 экз.)
4. Жданов, Г. С.; Физика твердого тела : [Учеб. пособие].; Изд-во Моск. ун-та, Москва; 1962 (2 экз.)
5. Ашкрофт, Н.; Физика твердого тела: В 2 т. Т. 1. ; Мир, Москва; 1979 (33 экз.)



6. Ашкрофт, Н., Кугель, К. И., Михайлов, А. С., Каганов, М. И.; Физика твердого тела: В 2 т. Т. 2. ; Мир, Москва; 1979 (33 экз.)
7. Киттель, Ч., Гусев, А. А., Пахнев, А. В.; Введение в физику твердого тела; Наука, Москва; 1978 (53 экз.)
8. Чеботин, В. Н., Мурыгин, И. В., Перфильев, М. В.; Химическая диффузия в твердых телах; Наука, Москва; 1989 (6 экз.)
9. Ормонт, Б. Ф., Глазов, В. М.; Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников : Учеб. пособие для втузов.; Высш. шк., Москва; 1982 (16 экз.)
10. Креггер, Ф., Зломаный, В. П., Левицкий, В. А., Поповкин, Б. А., Полторак, А. М.; Химия несовершенных кристаллов; Мир, Москва; 1969 (6 экз.)
11. , Голдсמיד Д, ж. Г.; Задачи по физике твердого тела : Пер. с англ.; Наука, Москва; 1976 (6 экз.)

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

1. Электронная научная библиотека <https://elibrary.ru>
2. Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru>
3. Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <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**

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

### **Реальная структура и свойства твердых тел**

### **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  Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM  Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Подключение к сети Интернет	
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
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 Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	<b>Не требуется</b>