Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М.Финкеля

УТВЕРЖДАЮ
Директор института
педагогического образования
_____ И.В. Шимлина
подпись
«____» _____ 20___ г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика конденсированного состояния

1.3.8 «Физика конденсированного состояния»

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: 59d48162ed3eb4e4958fffae3beda074faa1a70f
Владелец: Директор ИПО Шимлина Инна Владимировна
Действителен: с 4 июня 2025 г. по 26 августа 2026 г.
Дата и время: 15-07-2025 15:01:22 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– Формирование физических представлений об основных понятиях и идеях, а также знаний, умений и навыков в области физики твёрдого тела для применения их в профессиональной деятельности в сфере науки, техники и технологий материалов.

Задачами учебной дисциплины являются:

– Повышение теоретических знаний и практических навыков в экспериментальной деятельности, связанных с использованием твердых тел, методов их исследования и изменения свойств;
– Подготовка бакалавров к самостоятельному изучению литературы и научных работ с опорой на современные представления физики твёрдого тела;
– Овладение методами решения исследовательских задач по физике твёрдого тела, а также постановки физического эксперимента.

## 2 Место учебной дисциплины в структуре программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Учебная дисциплина относится к **образовательному компоненту «Дисциплины (модули)»** программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Конкурсное и грантовое сопровождение научно-исследовательской деятельности;
– Практика;
– Зачет по конкурсному и грантовому сопровождению научно-исследовательской деятельности.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые аспирантами по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Научная (научно-исследовательская) деятельность аспиранта;
– Подготовка публикаций по основным научным результатам;
– Отчет по этапам выполнения научного исследования;
– Представление публикаций по основным научным результатам;
– Кандидатский экзамен по специальной дисциплине - Физика конденсированного состояния;
– Оценка диссертации на предмет ее соответствия критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом "О науке и государственной научно-технической политике".

## 3 Планируемые результаты освоения учебной дисциплины

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на достижение следующих **образовательных результатов**:

| Код и наименование ОР3 | Планируемые результаты обучения |
|---|---|
| ОР3: использует современные методы для решения научно-исследовательских задач в области физики конденсированного состояния | – знать: основные представления о свойствах, физических методах исследования структуры и свойств современных кон-струкционных и функциональных неор-ганических (металлических и неметал-лических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов.<br>– уметь: применять в профессиональной деятельности основные представления о свойствах, физических методах исследования структуры и свойств современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов. |

## 4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы аспирантов.

Контактная работа аспирантов с педагогическим работником включает в себя занятия лекционного типа (лекции) и индивидуальную работу аспирантов с педагогическим работником, а также иную контактную работу, предусматривающую групповую или индивидуальную работу аспирантов с педагогическим работником. Контактная работа аспирантов с педагогическим работником может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде.

### Объем учебной дисциплины

| Семестр / курс | | ***ИТОГО*** | ***6 семестр*** | ***7 семестр*** |
|---|---|---|---|---|
| Трудоёмкость | *академ. час.* | ***100*** | *36* | *64* |
| Лекции, *академ. час.* | | ***44*** | *24* | *20* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* | *0* |
| Лабораторные работы, *академ. час.* | | ***0*** | *0* | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* | *0* |
| Практические занятия, *академ. час.* | | ***0*** | *0* | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* | *0* |
| Курсовая работа / проект, *академ. час.* | | ***0*** | *0* | *0* |

| | | | |
|---|---|---|---|
| в форме практической подготовки | ***0*** | *0* | *0* |
| Консультации, *академ. час.* | ***0*** | *0* | *0* |
| в форме практической подготовки | ***0*** | *0* | *0* |
| Самостоятельная работа, *академ. час.* | ***56*** | *12* | *44* |
| в форме практической подготовки | ***0*** | *0* | *0* |
| Контроль, *академ. час.* | ***0*** | *0* | *0* |
| в форме практической подготовки | ***0*** | *0* | *0* |

## Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Основы квантовой механики (изучение фундаментальных принципов квантовой механики, включая уравнение Шрёдингера, операторы, собственные значения, принципы суперпозиции и неопределенности, а также приложения к физике твёрдого тела);

Раздел 2 Основы квантовой статистики (рассмотрение статистических распределений Бозе–Эйнштейна и Фер-ми–Дирака, принципа неразличимости частиц и их роли в описании свойств электронного и фононного газа в твёрдых телах);

Раздел 3 Зонная теория твёрдых тел (анализ формирования энергетических зон в кристаллах, приближение почти свободных электронов, модель плотного атома, понятие запре-щённой зоны и его значение для классификации металлов, полупро-водников и диэлектриков);

Раздел 4 Структура твёрдых тел. Основы кристаллографии (описание кристаллических решёток, симметрий, элементарных ячеек, пространственных групп. Методы исследования структуры: рентгенов-ская дифракция, электронография);

Раздел 5 Свойства твёрдых тел (физические свойства твёрдых тел: механические, электрические, тепло-вые, магнитные и оптические. Микроскопические механизмы, опреде-ляющие макроскопическое поведение материалов);

Раздел 6 Контактные явления (изучение физических процессов на границе раздела фаз: контакт металлов, металл–полупроводник, pn-переход, контактная разность потенциалов, туннельные явления);

Раздел 7 Термоэлектрические и гальваномагнитные явления (рассмотрение термоэлектрических эффектов (Зеебека, Пельтье, Том-сона) и гальваномагнитных эффектов (эффект Холла, магнетосопро-тивление), а также их применение в материалах и приборах);

Раздел 8 Дефекты кристаллической решётки (классификация и свойства точечных, линейных и поверхностных дефектов. Влияние дефектов на физические свойства твёрдых тел, мето-ды их обнаружения и контроля);

Раздел 9 Природа высокопрочного состояния материалов (физические основы повышения прочности материалов. Механизмы упрочнения: дислокационное, твердорастворное, фазовое. Роль нано-структур, текстуры и внутренних напряжений).

## 5 Перечень тем лекций

| № раздела / темы дисциплины | Темы лекций | Трудоемкость, *академ.час* | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Раздел 1. | Основы квантовой механики | 4 | |
| Раздел 2. | Основы квантовой статистики | 6 | |
| Раздел 3. | Зонная теория твёрдых тел | 6 | |
| Раздел 4. | Структура твёрдых тел. Основы кристаллографии | 6 | |
| Раздел 5. | Свойства твёрдых тел | 6 | |
| Раздел 6. | Контактные явления | 4 | |
| Раздел 7. | Термоэлектрические и гальваномагнитные явления | 4 | |
| Раздел 8. | Дефекты кристаллической решётки | 4 | |
| Раздел 9. | Природа высокопрочного состояния материалов | 4 | |
| **Итого:** | | **44** | **0** |

## 6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

| № раздела / темы дисциплины | Темы практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, *академ.час* | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| | *Отсутствуют* | | |
| **Итого:** | | **0** | **0** |

## 7 Перечень тем лабораторных работ

| № раздела / темы дисциплины | Темы лабораторных работ | Трудоемкость, *академ.час* | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| | *Отсутствуют* | | |
| **Итого:** | | **0** | **0** |

## 8 Виды самостоятельной работы

| № раздела / темы дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, *академ.час* | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Раздел 1. | 1. Изучение лекционного материала; | 8 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 2. Изучение теоретического материала. | | |
| Раздел 2. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Изучение теоретического материала. | 6 | |
| Раздел 3. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Изучение теоретического материала. | 6 | |
| Раздел 4. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Изучение теоретического материала. | 6 | |
| Раздел 5. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Изучение теоретического материала. | 6 | |
| Раздел 6. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Изучение теоретического материала. | 6 | |
| Раздел 7. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Изучение теоретического материала. | 6 | |
| Раздел 8. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Изучение теоретического материала. | 6 | |
| Раздел 9. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Изучение теоретического материала. | 6 | |
| **Итого:** | | **56** | **0** |

## 9 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

**а) литература:**

1 Филимонова, Н.И. Физика конденсированного состояния : учебное по-собие / Филимонова Н.И., Дикарева Р.П. – Москва : НГТУ,

2016. – 136 с. – ISBN 978-5-7782-2960-0. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778229600.html (дата обращения: 05.06.2025);

2 Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Байков Ю. А. , Кузнецов В. М. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - ISBN 978-5-00101-825-4. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001018254.html (дата обращения: 05.06.2025);

3 Чуканов, А. Н. Физика конденсированного состояния. Дефекты строения в металлах : учебник / А. Н. Чуканов и др. - Москва : Инфра-Инженерия, 2021. - 300 с. - ISBN 978-5-9729-0703-8. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972907038.html (дата обращения: 05.06.2025).

**б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 – ]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 – ]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 – ]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 – ]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 – ]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 – ]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 – ]. – URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 – ]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

9 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 – ]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

**в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Р7-Офис.

**г) базы данных и информационно-справочные системы:**

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

## 10 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с **федеральными государственными требованиями** к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с

учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Составитель(и):

заведующий кафедрой Громов Виктор Евгеньевич (кафедра естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М.Финкеля).

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре про-грамм подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспиран-туре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с уче-том различных форм обучения, образовательных технологий и особен-ностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

## Приложение

## Тестовые задания для входного контроля знаний и умений аспирантов

1. Молярная теплоемкость кристалла при НИЗКИХ температурах Не зависит от температуры и равна 3R:
    1. Пропорциональна температуре;
    2. Изменяется как квадрат температуры;
    3. **Изменяется как куб температуры.**
2. Сопротивление кристаллических проводников определяется:
    1. Рассеянием электронов на узлах кристаллической решетки;
    2. **Рассеянием электронов на неоднородностях кристаллической решетки Взаимодействием с дырками валентной зоны.**
3. Фононы являются:
    1. **Бозонами;**
    2. Фермионами;
    3. Барионами;
    4. Низкочастотными фотонами.
4. Физический смысл температуры Дебая:
    1. Температура, при которой в кристалле возбуждаются фононы;
    2. Температура, при которой энергетический спектр фононов начинает сказываться на теплоемкости кристалла;
    3. **Температура, соответствующая максимально возможной энергии фононов;**
    4. Температура, соответствующая энергии Ферми в кристалле.
5. Фононы подобны фотонам, так как у них одинаковы (отметьте что):
    1. Степень вырождения (количество возможных поляризаций);
    2. **Статистика заполнения разрешенных состояний;**
    3. Максимальная частота;
    4. Скорость;
6. При вынужденном излучении у излученного фотона и вынуждающего (налетающего) фотона совпадают:
    1. Только частота и фаза;
    2. Только поляризация;
    3. Только направление распространения;
    4. **Все вышеперечисленное.**
7. Где расположена энергия Ферми у собственных полупроводников:
    1. Вблизи валентной зоны;
    2. Вблизи зоны проводимости;
    3. **Вблизи середины запрещенной зоны;**

4. Вблизи примесного уровня.

8. Полупроводники:

**1. При нормальных температурах проводят электрический ток, а при низких являются изоляторами;**

2. Выталкивают из себя магнитное поле при низких температурах;

3. Проводят ток только в одном направлении;

4. При нормальных температурах являются изоляторами.

9. Теплопроводность металлических сплавов:

1. Выше, чем у чистых металлов;

**2. Ниже, чем у чистых металлов;**

3. Практически одинакова с теплопроводностью чистых металлов.

10. С увеличение температуры сопротивление полупроводников:

1. Увеличивается;

**2. Уменьшается;**

3. Не изменяется;

4. Зависит от типа полупроводника.

11. При приложении к p-n переходу напряжения в прямом направлении:

1. Возрастает ток основных носителей заряда;

2. Возрастает ток неосновных носителей заряда;

3. Ток не меняется;

4. Ток основных носителей заряда компенсируется током неосновных носителей заряда.

12. Средняя длина свободного пробега фононов в диэлектрических монокристаллах в области высоких температур составляет величину:

1. Порядка мм;

2. Порядка мкм;

**3. Порядка ангстрем.**

13. Теплопроводность аморфных диэлектрических материалов в области комнатных температур обычно:

1. Убывает по закону $T^{-1}$;

2. Не изменяется с ростом температуры;

**3. Растет с увеличением температуры.**

14. Легирование диэлектрического кристалла в области комнатных температур:

1. Существенно снижает теплопроводность;

2. Повышает теплопроводность;

**3. Снижает теплопроводность незначительно при малых концентрациях ионов примеси.**

15. Координационное число с наименьшим радиусом в случае плотнейшей упаковки равно:

1. **12;**
2. 6;
3. 8;
4. 9.

16. В случае ромбической симметрии число параметров решетки равно:
1. 2;
2. **3;**
3. 1.

17. На одну элементарную ячейку объемноцентрированной кубической решетки приходится n узлов:
1. n =4;
2. **n =2;**
3. n =1.

18. На одну элементарную ячейку (ромбическую базоцентрированную) приходится n узлов:
1. **n =2;**
2. n =4;
3. n =3.

19. Увеличение количества дислокаций в кристалле:
1. Практически не влияет на механическую прочность;
2. Однозначно снижает механическую прочность;
3. **Может повысить механическую прочность.**

20. Пути повышения механической прочности твердых тел:
1. Изготовление бездефектных кристаллов
2. Максимальное искажение структуры кристалла
3. **Оба варианта.**