

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины**

Физика конденсированного состояния

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): заведующий кафедрой, д.н. Воронина Е.В. (Кафедра физики твердого тела, Отделение физики), Elena.Voronina@kpfu.ru ; доцент, к.н. Деминов Р.Г. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Raphael.Deminov@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции   |
|------------------|---|
| ОПК-1            | Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования |

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные типы конденсированных сред,  
симметричную классификацию кристаллических решеток,  
основные типы структурных дефектов, элементы теории упругости;  
особенности классического и квантово-механического описания электронного газа,  
основные термодинамические и кинетические характеристики и электромагнитные свойства электронного газа;  
методы описания динамики решетки, основные типы колебаний решетки и их физические проявления;  
свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости

Должен уметь:

определить структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа; рассчитать термодинамические и кинетические характеристики квантового электронного газа; уметь выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи; использовать полученные знания при решении профессиональных задач, связанных со свойствами твердого тела

Должен владеть:

обладать навыками работы с научной литературой с использованием новых информационных технологий;  
методами научных исследований;  
освоить теорию и модели;  
навыками в проведении физических исследований по заданной тематике;

Должен демонстрировать способность и готовность:

иметь навыки:

- системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности;
- работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой;
- проведения физического эксперимента.
- к планированию докладов, семинаров, обеспечивающему последовательность изложения материала
- связать излагаемую тему физики с другими дисциплинами.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.15 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника (Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники)" и относится к обязательной части ОПОП ВО. Осваивается на 3 курсе в 6 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 127 часа(ов), в том числе лекции - 54 часа(ов), практические занятия - 36 часа(ов), лабораторные работы - 36 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 35 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 семестре.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

| N   | Разделы дисциплины / модуля   | Се-местр | Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах) |                    |                              |                           |                             |                           | Само-стоя-тельная ра-бота |
|-----|---|----------|--|--------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
|     |   |          | Лекции, всего  | Лекции в эл. форме | Практи-ческие занятия, всего | Практи-ческие в эл. форме | Лабора-торные работы, всего | Лабора-торные в эл. форме |                           |
| 1.  | Тема 1. Основные принципы статистической физики.  | 6        | 4  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 2                         |
| 2.  | Тема 2. Общие методы статистической механики.   | 6        | 4  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 2                         |
| 3.  | Тема 3. Термодинамические величины и термодинамические соотношения.   | 6        | 2  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 1                         |
| 4.  | Тема 4. Идеальные газы.   | 6        | 2  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 1                         |
| 5.  | Тема 5. Классический идеальный газ.   | 6        | 2  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 1                         |
| 6.  | Тема 6. Квантовый идеальный газ.  | 6        | 4  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 2                         |
| 7.  | Тема 7. Типы твердых тел, типы связи Типы твердых тел, типы связи   | 6        | 2  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 3                         |
| 8.  | Тема 8. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.  | 6        | 4  | 0                  | 2                            | 0                         | 6                           | 0                         | 4                         |
| 9.  | Тема 9. Динамика кристаллической решетки  | 6        | 6  | 0                  | 2                            | 0                         | 0                           | 0                         | 5                         |
| 10. | Тема 10. Модель свободных электронов. Теория металлов Зоммерфельда. Элементы зонной теории. Приближения слабо и сильно связанных электронов. Оптические свойства. | 6        | 8  | 0                  | 4                            | 0                         | 10                          | 0                         | 5                         |
| 11. | Тема 11. Полупроводники .   | 6        | 6  | 0                  | 4                            | 0                         | 10                          | 0                         | 4                         |
| 12. | Тема 12. Диэлектрики, сегнетоэлектрики  | 6        | 4  | 0                  | 2                            | 0                         | 6                           | 0                         | 4                         |
| 13. | Тема 13. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие. Антиферромагнетизм. Доменная структура.         | 6        | 4  | 0                  | 4                            | 0                         | 2                           | 0                         | 1                         |
| 14. | Тема 14. Сверхпроводимость. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.  | 6        | 2  | 0                  | 4                            | 0                         | 2                           | 0                         | 0                         |
|     | Итого   |          | 54   | 0                  | 36                           | 0                         | 36                          | 0                         | 35                        |

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Основные принципы статистической физики.

Фазовое пространство. Микросостояние. Средние значения и флуктуации. Термодинамическое равновесие.

Макропараметры, макросостояние. Метод ансамблей. Функция статистического распределения. Матрица плотности.

Классическое и квантовое уравнения Лиувилля. Теорема Лиувилля.

## **Тема 2. Общие методы статистической механики.**

Микроканоническое распределение. Статистический вес и энтропия. Внутренние и внешние параметры. Свойства энтропии. Обратимые и необратимые процессы. Температура. Каноническое распределение. Статистический интеграл и статистическая сумма. Большое каноническое распределение. Химический потенциал, большая статистическая сумма. Эквивалентность равновесных ансамблей.

## **Тема 3. Термодинамические величины и термодинамические соотношения.**

Первое начало термодинамики. Работа и количество тепла. Теплоемкость. Энергия, энтальпия, свободная энергия, термодинамический потенциал и их свойства. Соотношения взаимности Максвелла. Связь статистической суммы и большой статистической суммы с термодинамическими потенциалами.

## **Тема 4. Идеальные газы.**

Принцип полной тождественности и неразличимости частиц одного сорта. Учет спина. Фермионы и бозоны. Принцип запрета для фермионов. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Калорическое уравнение состояния идеальных газов. Термическое уравнение состояния идеальных газов в параметрической форме.

## **Тема 5. Классический идеальный газ.**

Разреженный идеальный газ. Распределение Максвелла-Больцмана. Распределение Максвелла по скоростям. Распределение Больцмана в пространстве. Химический потенциал классического идеального газа. Критерии применимости классического приближения и вырождения. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.

## **Тема 6. Квантовый идеальный газ.**

Черное излучение, формула Планка, энергия и давление равновесного фотонного газа. Бозе-эйнштейновская конденсация. Температура бозе-эйнштейновской конденсации. Полностью вырожденный электронный газ в металле. Энергия Ферми. Давление электронного газа при  $T=0$ . Теплоемкость вырожденного электронного газа в металле.

### **Тема 7. Типы твердых тел, типы связи Типы твердых тел, типы связи**

Ионная, ковалентная и ван-дер-ваальсова связи. Промежуточные типы связей. Металлическая связь. Водородная связь. Характерные значения энергии связи.

Ковалентный и ионный радиусы. Изоморфизм и морфотропия. Полиморфизм. Координационное число. Ориентационный, индукционный и дисперсионный эффекты.

### **Тема 8. Кристаллическая решетка. Элементы симметрии. Решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.**

Элементы симметрии. Решетки Браве. Базис кристаллической решетки. Примитивная ячейка, ячейка Вигнера-Зейтца. Кристаллографические направления и плоскости. Обратная решетка. Дифракция рентгеновских лучей. Дифракция нейтронов и электронов. Условия Лауэ и Вульфа-Брэггов. Структурный фактор, атомный структурный фактор.

### **Тема 9. Динамика кристаллической решетки**

Динамика решетки. Адиабатическое приближение. Энергия кристаллической решетки. Роль трансляционной инвариантности. Колебания линейных цепочек. Общая классификация колебательных мод. Акустические и оптические колебания. Колебания неидеальных решеток, локальные моды. Квантование колебаний решетки. Фононы. Энергия, импульс и квазиимпульс фонона. Экспериментальные методы определения фононного спектра. Рассеяние нейтронов. Бесфононное, однофононное и двухфононное рассеяние. Рассеяние электромагнитного излучения. Рассеяние рентгеновского излучения. Бриллюэновское и манделштам-рамановское рассеяние.

### **Тема 10. Модель свободных электронов. Теория металлов Зоммерфельда. Элементы зонной теории. Приближения слабо и сильно связанных электронов. Оптические свойства.**

Теория металлов Друде. Статическая электропроводность. Теплопроводность. Закон Видемана-Франца.

Эффект Холла, постоянная Холла. Теплоемкость. Теория металлов Зоммерфельда. Уравнение Шредингера для свободных электронов. Граничное условие Борна-Кармана. Элементы зонной теории. Понятие о самосогласованном поле в кристаллах. Квантовая механика частицы в пространственно-периодическом поле.

Блоховские волновые функции. Зоны Бриллюэна. Закон дисперсии электронов в кристаллах: общие свойства, разрешенные и запрещенные зоны. Движение электронов в кристалле под действием внешних электрических и магнитных полей. Поверхность Ферми. Энергетическая щель. Природа энергетической щели.

Элементы зонной теории. Модель Кронига-Пенни. Квазиимпульс. Эффективная масса. Приближения сильной и слабой связи. Поверхность Ферми.

### **Тема 11. Полупроводники.**

Полупроводники и диэлектрики, сегнетоэлектрики. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Электроны и дырки. Положение уровня Ферми в собственных и примесных полупроводниках. Легирование полупроводников. Доноры и акцепторы. Энергия примесных состояний. Явления в контактах. Условия равновесия контактирующих тел. Плотность тока. Соотношение Эйнштейна. Термоэлектронная работа выхода. Контактная разность потенциалов. Распределение концентрации электронов и потенциала в слое объемного заряда. Обогащенный контактный слой в отсутствие тока. Длина экранирования. Истощенный контактный слой. Резкий и плавный p-n переход. Зарядная емкость. Выпрямление в контакте металл - полупроводник. Выпрямление в контакте полупроводник - полупроводник с различным типом проводимости. Выпрямляющие свойства p-n перехода.

#### **Тема 12. Диэлектрики, сегнетоэлектрики**

Свойства диэлектриков. Электропроводность диэлектриков. Упругая поляризация. Тепловая поляризация. Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости. Вынужденная поляризация. Пьезополяризация. Пирополяризация. Фотополяризация. Электреты.

#### **Тема 13. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие. Антиферромагнетизм. Доменная структура.**

Намагниченность и восприимчивость. Гамильтониан взаимодействия атомов и молекул с магнитным полем, расщепление уровней. Диамагнетизм. Формула Ланджевена для диамагнитной восприимчивости. Связь Рассела-Саундерса. Правила Хунда. Парамагнетизм. Восприимчивость атомов с частично заполненной оболочкой. Парамагнетизм Ван Флека. Ланджевенский парамагнетизм. Функции Бриллюэна и Ланджевена. Закон Кюри. Примеры: Редкоземельные ионы и ионы переходных элементов. Расщепление уровней внутрикристаллическим полем. Замораживание орбитального углового момента. Спиновый парамагнетизм Паули.

Диамагнетизм Ландау. Ферромагнетизм. Понятие об обменном взаимодействии. Обменный интеграл. Магнитные домены. Спиновые волны - магноны. Антиферромагнетизм. Доменная структура. Ферромагнитные домены. Движение границ при намагничивании, эффект Баркгаузена. Техническое и истинное насыщение, гистерезис, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила, потери энергии, магнитомягкие и магнитожесткие материалы. Магнитная анизотропия, направления легкого и трудного намагничивания. Наведенная, обменная, поверхностная анизотропия.

#### **Тема 14. Сверхпроводимость. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.**

Сверхпроводимость. Эффект Мейсснера. Идеальный диамагнетизм, термоэлектрические свойства, магнитные свойства, критическое поле. Проявления существования энергетической щели: теплоемкость, нормальное туннелирование, высокочастотное поглощение, затухание звука. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Вихри Абрикосова. Эффект Джозефсона. Высокотемпературные сверхпроводники. Уравнение Лондонов. Основные идеи теории Бардина-Купера-Шриффера. Электронные пары. Теория Гинзбурга-Ландау. Кристаллическая структура и изотопический эффект.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

МГУ им. Ломоносова - [http://shg.phys.msu.ru/educat/cond\\_mat/notes.html](http://shg.phys.msu.ru/educat/cond_mat/notes.html)

Научно-образовательный центр по нанотехнологиям МГУ - <http://nano.msu.ru/research/seminars/condensed>

НИИЯФ МГУ им. Ломоносова - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/solidst/index.html#%D1%81>



## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Интернет-каталог on-line курсов -

[https://www.coursera.org/?utm\\_medium=email&utm\\_source=other&utm\\_campaign=notifications.auto.7F14gZ3wEeeZeg7kw5nKNg](https://www.coursera.org/?utm_medium=email&utm_source=other&utm_campaign=notifications.auto.7F14gZ3wEeeZeg7kw5nKNg)

МГУ им. Ломоносова - [shg.phys.msu.ru/educat/cond\\_mat/notes.html](http://shg.phys.msu.ru/educat/cond_mat/notes.html)

нанотехнологическое сообщество Нанометр - [http://www.nanometer.ru/2010/04/03/msu\\_210223.html](http://www.nanometer.ru/2010/04/03/msu_210223.html)

НИИЯФ МГУ им. Ломоносова - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/solidst/index.html#%D1%81>

Образовательный проект А.Н. Варгина - [www.ph4s.ru/book\\_ph\\_tvtelo.html](http://www.ph4s.ru/book_ph_tvtelo.html)

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**



| Вид работ              | Методические рекомендации  |
|------------------------|--|
| лекции                 | <p>Можно выделить несколько видов самостоятельной работы обучающихся при изучении данной дисциплины. Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции обучающемуся следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Понять и запомнить все новые определения.</li> <li>☐ Найти в сети Интернет указанные ссылки и провести действия, рекомендованные преподавателем.</li> <li>☐ Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать.</li> <li>☐ При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами.</li> </ul> |
| практические занятия   | <p>Практические занятия проходят в форме дискуссии, обсуждения предложенных преподавателем тем презентаций. Обучающийся должен подготовить выступление, визуальное сопровождение материал подготовленного самостоятельно. Выступление должно быть организовано в форме презентации. При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы.</p>   |
| лабораторные работы    | <p>Лабораторные задания выдаются преподавателем и предполагают самостоятельное решение. При подготовке к занятиям тема лабораторной работы должна быть изучена теоретически. На аудиторных занятиях выполняется практическая часть. Преподаватель может задать конкретные вопросы, касающиеся непосредственных действий студента во время выполнения работы, попросить прокомментировать или объяснить полученные студентом результаты лабораторной работы. Кроме того, работа на лабораторных занятиях предполагает активное участие в обсуждении темы лабораторной работы.</p>   |
| самостоятельная работа | <p>Самостоятельное изучение части материала. Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель. - постановка проблемы; - варианты решения; - аргументы в пользу тех или иных вариантов решения. На основе выделения этих элементов проще составлять собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу.</p>  |
| экзамен                | <p>При подготовке к экзамену необходимо опираться, прежде всего, на лекции, а также на источники, которые указаны в списке литературы. В каждом билете на зачете содержится два вопроса. По каждому вопросу должен быть подготовлен развернутый, исчерпывающий ответ. При неполном ответе могут быть заданы дополнительные наводящие вопросы</p>   |

#### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

#### 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки "Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники".

*Приложение 2*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
**Б1.О.15 Физика конденсированного состояния**

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

**Основная литература:**

1. Стрекалов, Ю. А. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2018. - 307 с.: - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-00967-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/959952> (дата обращения: 25.03.2025). - Режим доступа: по подписке.
2. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела: учебное пособие / Г. И. Епифанов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 288 с. - ISBN 978-5-8114-1001-9. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210671> (дата обращения: 25.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - 6-е изд. (эл.). - Москва : Лаборатория знаний, 2024. - 296 с. - ISBN 978-5-93208-863-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/400142> (дата обращения: 23.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Дополнительная литература:**

1. Матухин, В. Л. Физика твердого тела: учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-0923-5. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210305> (дата обращения: 25.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач. 'Физика конденсированного состояния' [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. И. Кузнецов, Н. А. Тимченко. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 47 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/417650> (дата обращения: 25.03.2025). - Режим доступа: по подписке.
3. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 384 с. - ISBN 978-5-8114-0922-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210524> (дата обращения: 25.03.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.



*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.О.15 Физика конденсированного состояния*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.