



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический  
университет» (БГТУ)

Факультет энергетики и электроники

*(наименование факультета/института)*

Кафедра «Общая физика»

*(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)*

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор по учебной  
работе и цифровизации

\_\_\_\_\_ В.А. Шкаберин

«25» апреля 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

учебной дисциплины

«Физика конденсированного состояния»

*(наименование дисциплины)*

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

*(код и наименование специальности или направления подготовки)*

Микроэлектроника и твердотельная электроника

*(направленность (профиль)/ специализация образовательной программы)*

высшее образование – бакалавриат

*(уровень образования)*

бакалавр

*(квалификация, присваиваемая по специальности или направлению подготовки)*

очная

*(форма обучения)*

2022

*(год набора)*

Брянск 2022

Рабочая программа учебной дисциплины  
«Физика конденсированного состояния»

(наименование дисциплины)

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Микроэлектроника и твердотельная электроника

(направленность (профиль)/специализация образовательной программы)

**Разработал(и):**

доцент кафедры, к.ф.-м.н.

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Н.А. Жемоедов

(И.О. Фамилия)

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
«Общая физика»

(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)

«04» апреля 2022 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой

д.ф.-м.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

А.А. Демидов

(И.О. Фамилия)

**Согласовано:**

Заведующий выпускающей кафедрой

«Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы»

(наименование выпускающей кафедры)

к.т.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

А.А. Малаханов

(И.О. Фамилия)

© Жемоедов Н.А., 2022

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет», 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ФГОС.....	5
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	6
5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
5.1. Структура дисциплины.....	7
5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины.....	8
5.3. Лекции .....	9
5.4. Лабораторные работы .....	12
5.5. Практические занятия .....	13
5.6. Самостоятельная работа обучающихся .....	15
5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся .....	19
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	19
7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	20
8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	21
8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся .....	21
8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	21
8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при изучении дисциплины .....	23
8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и (или) информационных справочных систем .....	23
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	23
10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	24

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	25
11.1. Методические материалы для педагогических работников .....	25
11.2. Методические материалы для обучающихся .....	28
12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	29
12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины.....	29
12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости .....	29
12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся .....	30
12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине.....	31
12.5. Характеристика результатов обучения .....	31
12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся .....	31
13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА .....	31

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебная дисциплина «Физика конденсированного состояния» (далее – дисциплина) ориентирована на формирование у обучающихся компетенций в рамках основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО) по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника».

### 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** освоения дисциплины – изучение физики конденсированного состояния вещества и его основные свойства, определяемые его структурой. В системе подготовки бакалавра по направлению «Электроника и наноэлектроника» данная дисциплина является одной из фундаментальных, поскольку на свойствах конденсированного состояния вещества базируется как разработка новых типов изделий, так и технология их изготовления.

**Задачи** дисциплины:

- формирование базовых знаний в области физики конденсированного состояния вещества как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей фундамент знаний в области физики конденсированного состояния;
- обучение студентов основным понятиям в физике конденсированного состояния, подготовка к изучению последующих специальных дисциплин.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ФГОС

Дисциплина входит в обязательную часть учебного плана и реализуется на 2 курсе в 3 семестре.

Предварительно изучаются дисциплины: «Высшая математика», «Философия»

Параллельно изучаются дисциплины: «*Основы теории цепей*», «*Математическое описание физических процессов*», «*Материалы и элементы электротехники и электроники*»

Базируются на изучении дисциплины: «*Физическая химия*», «*Наноэлектроника*», «*Методы исследования материалов электроники*».

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций ОПК-1, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Код и наименование компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:
	Знать, уметь, владеть
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные понятия, законы и модели физики;</li> <li>– особенности физических эффектов и явлений;</li> <li>– сущность взаимосвязи поставленных научно-технических задач с целью и ожидаемыми результатами их решения</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обобщать и осуществлять критический анализ необходимой информации по сложным физическим проблемам</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками анализа проблемных ситуаций в области физики конденсированного состояния</li> </ul>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 академических часа). Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам

[illegible]

Виды учебной работы в соответствии с учебным планом образовательной программы	Трудоемкость, час.												
	Всего	Семестр											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	А	В	С
3.7. Контрольная работа (контроль), семестр		3											
<b>Общая трудоемкость (4 з.е.)</b>	<b>144</b>	144											

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Структура дисциплины

Структура дисциплины представлена в виде тематического плана в таблице 3.

Таблица 3 – Тематический план дисциплины

Наименование раздела (темы) дисциплины	Трудоемкость, час.				
	Всего	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа
<b>Раздел 1. Структура и симметрия твердых тел.</b>	<b>10</b>	<b>4</b>		<b>2</b>	<b>4</b>
Тема 1. Кристаллическая решетка. Дефекты кристаллической решетки.		2		2	2
Тема 2. Типы химических связей в твердых телах.		2			2
<b>Раздел 2. Колебания кристаллической решетки</b>	<b>17</b>	<b>6</b>		<b>2</b>	<b>9</b>
Тема 3. Колебания одномерной цепочки атомов.		2			3
Тема 4. Фононы. Теплоемкость твердого тела		2		2	3
Тема 5. Тепловое расширение.		2			3
<b>Раздел 3. Упругие свойства кристалла.</b>	<b>10</b>	<b>4</b>		<b>2</b>	<b>4</b>
Тема 6. Напряжения, деформации.		2		2	2
Тема 7. Упругие волны в твердом теле.		2			2
<b>Раздел 4. Электроны в кристаллической решетке твердого тела.</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>9</b>
Тема 8. Нестационарное и стационарное уравнение Шредингера электронов в твердом теле		2	2	2	3
Тема 9. Энергетические зоны: диэлектрики, проводники, полупроводники.		2	2		3
Тема 10. Эффективная масса. Электроны и дырки. Движение электронов и дырок твердого тела в электрическом поле.		2	2		3

Наименование раздела (темы) дисциплины	Трудоемкость, час.				
	Всего	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа
<b>Раздел 5. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
Тема 11. Распределение Ферми-Дирака. Концентрация носителей тока в зоне проводимости и в валентной зоне в полупроводниках		2	2	2	3
Тема 12. Примесная проводимость полупроводников для простой примеси.		2	2		3
<b>Раздел 6. Диэлектрики.</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Тема 13. Диэлектрическая восприимчивость и проницаемость		2	2	2	3
<b>Раздел 7. Магнетики.</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Тема 14. Магнитное поле в магнетиках		2	4	2	3
<b>Раздел 8. Оптические свойства твердых тел</b>	<b>7</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>3</b>
Тема 15. Распространение электромагнитных волн в проводниках и полупроводниках		2		2	3
<b>Раздел 9. Сверхпроводимость</b>	<b>5</b>	<b>2</b>			<b>3</b>
Тема 16. Явление сверхпроводимости. Применение сверхпроводников		2			3
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>44</b>

## 5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины

Распределение формируемых компетенций по разделам дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Формирование компетенций по разделам дисциплины

Наименование раздела (темы) дисциплины	Код компетенции
	ОПК-1
<b>Раздел 1. Структура и симметрия твердых тел</b>	+
Тема 1. Кристаллическая решетка. Дефекты кристаллической решетки.	+
Тема 2. Типы химических связей в твердых телах	+
<b>Раздел 2. Колебания кристаллической решетки</b>	+
Тема 3. Колебания одномерной цепочки атомов.	+



Наименование раздела (темы) дисциплины	Код компетенции
	ОПК-1
Тема 4. Фононы. Теплоемкость твердого тела	+
Тема 5. Тепловое расширение	+
<b>Раздел 3. Упругие свойства кристалла</b>	+
Тема 6. Напряжения, деформации.	+
Тема 7. Упругие волны в твердом теле	+
<b>Раздел 4. Электроны в кристаллической решетке твердого тела</b>	+
Тема 8. Нестационарное и стационарное уравнение Шредингера электронов в твердом теле	+
Тема 9. Энергетические зоны: диэлектрики, проводники, полупроводники	+
Тема 10. Эффективная масса. Электроны и дырки. Движение электронов и дырок твердого тела в электрическом поле	+
<b>Раздел 5. Статистика электронов и дырок в полупроводниках</b>	+
Тема 11. Распределение Ферми-Дирака. Концентрация носителей тока в зоне проводимости и в валентной зоне в полупроводниках	+
Тема 12. Примесная проводимость полупроводников для простой примеси	+
<b>Раздел 6. Диэлектрики</b>	+
Тема 13. Диэлектрическая восприимчивость и проницаемость	+
<b>Раздел 7. Магнетики</b>	+
Тема 14. Магнитное поле в магнетиках	+
<b>Раздел 8. Оптические свойства твердых тел</b>	+
Тема 15. Распространение электромагнитных волн в проводниках и полупроводниках	+
<b>Раздел 9. Сверхпроводимость</b>	+
Тема 16. Явление сверхпроводимости. Применение сверхпроводников	+

### 5.3. Лекции

Перечень занятий лекционного типа, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Тематика и содержание лекций

Наименование темы дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
Тема 1. Кристаллическая решетка. Дефекты кристаллической решетки	Тема 1. Кристаллическая решетка. Дефекты кристаллической решетки	1. Кристаллическая решетка, узлы кристаллической решетки, основные векторы, элементарная ячейка, базис кристаллической решетки, решетка Браве, типы решеток Браве (сингонии), кристалли-	2

Наименование темы дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоем- кость, час.
		ческие символы узловых плоскостей и прямых, упаковка атомов, методы определения атомных структур твердых тел: рентгеноструктурный анализ, нейтронография. 2. Методы Вульфа-Брэгга, Лауэ. 3. Дефекты кристаллической решетки: примесные атомы, вакансии, междуузельные атомы (по Френкелю, по Шоттки), дислокации краевые, винтовые. Вектор Бюргерса	
Тема 2. Типы химических связей в твердых телах	Тема 2. Типы химических связей в твердых телах	Типы химических связей в твердых телах: ионная, гомеопольная, Ван-дер-Ваальсовская, металлическая.	2
Тема 3. Колебания одномерной цепочки атомов	Тема . Колебания одномерной цепочки атомов	Колебания одномерной цепочки атомов. Акустические и оптические колебания. Представление малых колебаний движением независимых гармонических осцилляторов.	2
Тема 4. Фононы. Теплоемкость твердого тела	Тема 4. Фононы. Теплоемкость твердого тела	1. Фононы. 2. Теплоемкость твердого тела. Закон Дюлонга и Пти. 3. Теория теплоемкости по Эйнштейну. Элементы теории теплоемкости по Дебаю.	2
Тема 5. Тепловое расширение	Тема 5. Тепловое расширение	Тепловое расширение твердых тел	2
Тема 6. Напряжения, деформации	Тема 6. Напряжения, деформации	1. Напряжения, деформации. Работа деформации. Энергия и термодинамический потенциал упруго деформированного тела. 2. Закон Гука. Модуль Юнга. Модуль сдвига. Однородные и анизотропные тела.	2
Тема 7. Упругие волны в твердом теле	Тема 7. Упругие волны в твердом теле	1. Упругие волны в твердом теле (одномерный случай). 2. Условие равновесия напряженного состояния твердого тела. Термоупругость	2

Наименование темы дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоем- кость, час.
Тема 8. Нестационарное и стационарное уравнение Шредингера электронов в твердом теле	Тема 8. Нестационарное и стационарное уравнение Шредингера электронов в твердом теле	Нестационарное и стационарное уравнение Шредингера электронов в твердом теле. Одноэлектронное приближение. Свободный электрон. Электрон в бесконечно глубокой потенциальной яме. Функция Блоха и волновой вектор электрона. Энергетический спектр электронов в кристалле.	2
Тема 9. Энергетические зоны: диэлектрики, проводники, полупроводники	Тема 9. Энергетические зоны: диэлектрики, проводники, полупроводники	Энергетические зоны: диэлектрики, проводники, полупроводники.	2
Тема 10. Эффективная масса. Электроны и дырки. Движение электронов и дырок твердого тела в электрическом поле	Тема 10. Эффективная масса. Электроны и дырки. Движение электронов и дырок твердого тела в электрическом поле	Эффективная масса. Электроны и дырки. Движение электронов и дырок твердого тела в электрическом поле	2
Тема 11. Распределение Ферми-Дирака. Концентрация носителей тока в зоне проводимости и в валентной зоне в полупроводниках	Тема 11. Распределение Ферми-Дирака. Концентрация носителей тока в зоне проводимости и в валентной зоне в полупроводниках	1. Распределение Ферми-Дирака. Химический потенциал. Уровень Ферми. 2. Зависимость статистического распределения от температуры. 3. Вклад электронов в теплопроводность твердого тела в проводниках.	2
Тема 12. Примесная проводимость полупроводников для простой примеси	Тема 12. Примесная проводимость полупроводников для простой примеси	Уровень Ферми в полупроводниках. Концентрация носителей тока в зоне проводимости и в валентной зоне в полупроводниках. Примесная проводимость полупроводников для простой примеси. Компенсированные полупроводники	2
Тема 13. Диэлектрическая восприимчивость и проницаемость	Тема 13. Диэлектрическая восприимчивость и проницаемость	Собственные и несобственные дипольные моменты. Поляризованность диэлектрика. Диэлектрическая восприимчивость и проницае-	2

Наименование темы дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
		мость. Наведенная поляризация. Ионная поляризация. Ориентационная поляризация. Электронная поляризация. Связь вектора напряжённости электрического поля в диэлектрике с вектором электростатического смещения и их физический смысл.	
Тема 14. Магнитное поле в магнетиках	Тема 14. Магнитное поле в магнетиках	Магнитный момент. Намагниченность. Магнитное поле в магнетиках. Магнитная восприимчивость и проницаемость, их физический смысл. Связь магнитной индукции и напряженности. Природа диамагнетизма.	2
Тема 15. Распространение электромагнитных волн в проводниках и полупроводниках	Тема 15. Распространение электромагнитных волн в проводниках и полупроводниках	Поглощение света. Закон Бугера. Уравнения Максвелла для электромагнитных волн в дифференциальной форме. Распространение электромагнитных волн в диэлектрике. Поглощение и дисперсия. Распространение электромагнитных волн в проводниках и полупроводниках. Влияние магнитного поля на распространение электромагнитной волны в веществе	2
Тема 16. Явление сверхпроводимости. Применение сверхпроводников	Тема 16. Явление сверхпроводимости. Применение сверхпроводников	Условия необходимые для сверхпроводимости. Сверхпроводимость первого и второго рода. Высокотемпературная сверхпроводимость. Эффект Джозефсона. Применение сверхпроводников.	2
<b>Итого</b>	—	—	<b>32</b>

#### 5.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы по дисциплине предусмотрены учебным планом образовательной программы (таблица 6).

Таблица 6 – Тематика лабораторных работ

Наименование темы дисциплины	Тема лабораторной работы	Трудоемкость, час.
Тема 8. Нестационарное и	Определение работы выхода для вольфрама	2

стационарное уравнение Шредингера электронов в твердом теле	методом термоэлектронной эмиссии	
Тема 9. Энергетические зоны: диэлектрики, проводники, полупроводники.	Градуировка термопары	2
Тема 10. Эффективная масса. Электроны и дырки. Движение электронов и дырок твердого тела в электрическом поле.	Влияние магнитного поля на электрические свойства полупроводников (эффект Холла)	2
Тема 11. Распределение Ферми-Дирака. Концентрация носителей тока в зоне проводимости и в валентной зоне в полупроводниках	Изучение зависимости сопротивления металлов и полупроводников от температуры.	2
Тема 12. Примесная проводимость полупроводников для простой примеси.	Снятие вольтамперной характеристики полупроводникового диода и ознакомление с работой выпрямителя на полупроводниковых диодах	2
Тема 13. Диэлектрическая восприимчивость и проницаемость	Определение относительной диэлектрической проницаемости диэлектриков	2
Тема 14. Магнитное поле в магнетиках	Изучение зависимости магнитной проницаемости ферромагнетика от температуры и определение температуры	2
Тема 14. Магнитное поле в магнетиках	Исследование магнитных свойств ферромагнитного материала	2
<b>Итого</b>	–	<b>16</b>

### 5.5. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине предусмотрены учебным планом образовательной программы.

Перечень практических занятий, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Тематика и содержание практических занятий

Наименование темы дисциплины	Тема практического занятия	Содержание практического занятия	Трудоемкость, час.
Кристаллическая решетка. Дефекты кристаллической решетки	Кристаллическая решетка. Дефекты кристаллической решетки	1. Кристаллическая решетка, узлы кристаллической решетки, основные векторы, элементарная ячейка, базис кристаллической решетки, решетка Браве, типы решеток Браве (сингонии), кристаллические символы узловых плоскостей и прямых, упаковка атомов, методы определения атомных структур твер-	2

Наименование темы дисциплины	Тема практического занятия	Содержание практического занятия	Трудоемкость, час.
		дых тел: рентгеноструктурный анализ, нейтронография. 2. Методы Вульфа-Брэгга, Лауэ.	
Фононы. Теплоемкость твердого тела	Фононы. Теплоемкость твердого тела	1. Фононы. 2. Теплоемкость твердого тела. Закон Дюлонга и Пти. 3. Теория теплоемкости по Эйнштейну. Элементы теории теплоемкости по Дебаю.	2
Напряжения, деформации	Напряжения, деформации	1. Напряжения, деформации. Работа деформации. Энергия и термодинамический потенциал упруго деформированного тела. 2. Закон Гука. Модуль Юнга. Модуль сдвига. Однородные и анизотропные тела.	2
Нестационарное и стационарное уравнение Шредингера электронов в твердом теле	Нестационарное и стационарное уравнение Шредингера электронов в твердом теле	Нестационарное и стационарное уравнение Шредингера электронов в твердом теле. Одноэлектронное приближение. Свободный электрон. Электрон в бесконечно глубокой потенциальной яме.	2
Эффективная масса. Электроны и дырки. Движение электронов и дырок твердого тела в электрическом поле	Эффективная масса. Электроны и дырки. Движение электронов и дырок твердого тела в электрическом поле	Эффективная масса. Электроны и дырки. Движение электронов и дырок твердого тела в электрическом поле	2
Распределение Ферми-Дирака. Концентрация носителей тока в зоне проводимости и в валентной зоне в полупроводниках	Распределение Ферми-Дирака. Концентрация носителей тока в зоне проводимости и в валентной зоне в полупроводниках	1. Распределение Ферми-Дирака. Химический потенциал. Уровень Ферми. 2. Зависимость статистического распределения от температуры. 3. Вклад электронов в теплопроводность твердого тела в проводниках.	2
Примесная проводимость полупроводников для простой примеси	Примесная проводимость полупроводников для простой примеси	Уровень Ферми в полупроводниках. Концентрация носителей тока в зоне проводимости и в валентной зоне в полупроводниках. Примесная проводимость полупроводников для простой примеси.	2
Распространение электромагнит-	Распространение электромагнитных	Поглощение света. Закон Бугера. Уравнения Максвелла для электро-	2

Наименование темы дисциплины	Тема практического занятия	Содержание практического занятия	Трудоемкость, час.
ных волн в проводниках и полупроводниках	волн в проводниках и полупроводниках	магнитных волн в дифференциальной форме. Распространение электромагнитных волн в диэлектрике. Поглощение и дисперсия. Распространение электромагнитных волн в проводниках и полупроводниках. Влияние магнитного поля на распространение электромагнитной волны в веществе	
<b>Итого</b>	–	–	<b>16</b>

### 5.6. Самостоятельная работа обучающихся

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Вопросы для самостоятельного изучения дисциплины

Наименование темы дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения темы
Тема 1. Кристаллическая решетка. Дефекты кристаллической решетки	Методы определения атомных структур твердых тел: рентгеноструктурный анализ, нейтронография. Некристаллические полупроводники: аморфные, жидкие
Тема 2. Типы химических связей в твердых телах	Водородная связь
Тема 6. Напряжения, деформации	Условие равновесия напряженного состояния твердого тела. Термоупругость
Тема 9. Энергетические зоны: диэлектрики, проводники, полупроводники	Модель Кронига-Пенни.
Тема 10. Эффективная масса. Электроны и дырки. Движение электронов и дырок твердого тела в электрическом поле	Эффект Гана. Эффект Холла. Магниторезистивный эффект. Эффект Нернста. Эффект Эттинггаузена. Эффект Риги-Ледюка. Эффект Зеебека. Электротермический эффект Томсона. Усиление звука электрическим током. Акустоэлектрический эффект
Тема 12. Примесная проводимость полупроводников для простой примеси	Диффузионные и дрейфовые токи в неоднородном полупроводнике. Неоднородное распределение зарядов в неоднородном полупроводнике. Контактная разность потенциалов. Явление термоэлектронной эмиссии. Формула-Ричардсона-Дэшмана.
Тема 13. Диэлектрическая восприимчивость и	Физические эффекты в диэлектрике: сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики, прямой пьезоэлектрический эффект, обратный пьезоэлектрический эффект

Наименование темы дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения темы
проницаемость	зоэлектрический эффект, электреты
Тема 14. Магнитное поле в магнетиках	Физические эффекты в магнетиках: пироманитный эффект, пьезомагнитный эффект, магнитострикция, магнитоэлектрический эффект
Тема 15. Распространение электромагнитных волн в проводниках и полупроводниках	Объяснение цвета твердого тела. Фотоэлектрический эффект. Фотопроводимость. Фотовольтанический эффект. Фотоманитный эффект. Фотоэлектрический эффект в р-п переходе. Лазер на р-п переходе
Тема 16. Явление сверхпроводимости. Применение сверхпроводников	Применение сверхпроводников.

В процессе самостоятельной работы обучающиеся должны принимать решение по рассматриваемой проблеме с минимальным участием педагогического работника. Для решения поставленных задач может использоваться дополнительная литература и источники в информационно-коммуникационной сети «Интернет». Для закрепления пройденного материала педагогическим работником могут выдаваться домашние задания.

В таблице 9 указаны виды самостоятельной работы, выполняемые обучающимися при изучении соответствующих тем дисциплины.

Таблица 9 – Виды самостоятельной работы

Наименование темы дисциплины	Виды самостоятельной работы
Тема 1. Кристаллическая решетка. Дефекты кристаллической решетки	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 2. Типы химических связей в твердых телах	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 3. Колебания одномерной цепочки атомов	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену



Тема 4. Фононы. Теплоемкость твердого тела	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 5. Тепловое расширение	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 6. Напряжения, деформации	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 7. Упругие волны в твердом теле	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 8. Нестационарное и стационарное уравнение Шредингера электронов в твердом теле	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Выполнение лабораторной работы Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 9. Энергетические зоны: диэлектрики, проводники, полупроводники	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Выполнение лабораторной работы Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 10. Эффективная масса. Электроны и дырки. Движение электронов и дырок твердого тела в электрическом поле	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Выполнение лабораторной работы Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 11. Распределение	Проработка лекционного материала

Ферми-Дирака. Концентрация носителей тока в зоне проводимости и в валентной зоне в полупроводниках	Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Выполнение лабораторной работы Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 12. Примесная проводимость полупроводников для простой примеси	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Выполнение лабораторной работы Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 13. Диэлектрическая восприимчивость и проницаемость	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Выполнение лабораторной работы Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 14. Магнитное поле в магнетиках	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Выполнение лабораторной работы Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 15. Распространение электромагнитных волн в проводниках и полупроводниках	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Выполнение практического задания Выполнение лабораторной работы Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену
Тема 16. Явление сверхпроводимости. Применение сверхпроводников	Проработка лекционного материала Изучение рекомендуемой литературы Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов раздела Подготовка к экзамену

Учебным планом в рамках дисциплины не предусмотрено выполнение расчетно-графической работы (РГР).

### 5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины. Формы контрольно-оценочных мероприятий, проводимых в рамках текущего контроля успеваемости, представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Формы и периодичность текущего контроля успеваемости

Вид учебной работы	Форма текущего контроля успеваемости	Периодичность осуществления
Практические занятия / Лабораторные работы	Устный экспресс-опрос, экспресс-тестирование.	На каждом занятии
Самостоятельная работа обучающихся	- устная (устный опрос, защита письменной работы, доклада по результатам самостоятельной работы, рефератов и т.д.); - письменная (письменный опрос, выполнение конспектов, глоссариев и т.д.); - тестовая (бланочное или компьютерное тестирование)	В течение семестра

Оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине (промежуточная аттестация обучающихся) осуществляется в форме зачета / экзамена, проводимого в устной / письменной форме. Аттестационное испытание может включать в себя прохождение теста с использованием технологии компьютерного тестирования. Для уточнения оценки экзаменатор может проводить короткий опрос-собеседование с обучающимся и (или) выдавать ему дополнительные задания.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе освоения дисциплины применяются следующие образовательные технологии: личностно-ориентированные, активизации деятельности обучающихся, интеллектуальной направленности, проблемного обучения, диалоговые и профессионально-ориентированные (таблица 11).

Таблица 11 – Образовательные технологии, применяемые в ходе преподавания дисциплины

Вид учебной работы	Применяемые образовательные технологии
Лекции	Проблемная лекция. Лекция-визуализация. Лекция-беседа. Лекция-дискуссия.
Практические занятия / Лабораторные работы	Групповые дискуссии. Решение практических задач. Тестирование.
Самостоятельная работа обучающихся	Проработка лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы.

Вид учебной работы	Применяемые образовательные технологии
	Подготовка к дискуссии. Выполнение практического задания / лабораторной работы. Подготовка докладов, рефератов Подготовка к лекциям. Подготовка к практическим занятиям. Изучение дополнительной литературы и самостоятельное формирование конспекта. Подготовка к экзамену/зачету
Консультации	Концентрация внимания на отдельных вопросах. Личностно-ориентированный подход. Диалог.
Промежуточная аттестация обучающихся	Зачет/ экзамен (в устной или письменной форме).

## 7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В электронной информационно-образовательной среде БГТУ размещается электронный курс дисциплины, включающий в себя:

- сведения об авторе курса;
- краткое описание курса;
- рабочую программу дисциплины;
- полный перечень тем дисциплины;
- презентационные материалы для проведения занятий лекционного типа;
- лекции/краткий конспект лекций по каждой теме;
- методические указания по выполнению каждого практического задания;
- методические указания для выполнения расчетно-графической работы;
- материалы и тестовые задания для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Наименование электронного курса в электронной информационно-образовательной среде БГТУ – «Физика конденсированного состояния» – автор Жемоедов Н.А. разработчик РПД для обучающихся по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника», форма обучения – очная.

Электронный курс предназначен для обеспечения обучающихся всеми необходимыми учебно-методическими материалами, а также проведения контрольно-оценочных мероприятий в процессе обучения. При необходимости осуществляется файловый обмен отчетами о выполнении обучающимися самостоятельной работы.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Байков Ю. А. Физика конденсированного состояния: учебное пособие / Байков Ю., А., Кузнецов В., М. 4-е изд. эл. – Москва: Лаборатория знаний, 2020. – 294 с. – ISBN 978-5-00101-825-4.
2. Мейлихов, Е. З. Общая физика конденсированного состояния: учебное пособие / Е. З. Мейлихов. – Долгопрудный: Интеллект, 2018. – 416 с. – ISBN 978-5-91559-246-8.
3. Долженко, Д. И. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: сборник задач и упражнений / Д. И. Долженко, Н. В. Иванов; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. -150
4. Арефьева Л.П. Физика конденсированного состояния: учебное пособие. – Ставрополь: Из-во СКФУ, 2021. -130 с
5. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.В. Савельев. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 468 с. – ISBN 978-5-8114-4253-9 – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92652>.
6. Трофимова, Т. И. Курс физики: учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – Москва : ACADEMIA, 2020. – 560 с. – ISBN 987-5-9729-0148-7. (3 экз.). (2008. -6 экз., 2005. -10 экз., 2001. - 53 экз., 2000. - 9 экз.).
7. Физика. Электричество и магнетизм : методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов всех форм обучения по укрупненным группам направлений подготовки и специальностей 02.00.00 – Компьютерные и информационные науки; 09.00.00 – Информатика и вычислительная техника; 10.00.00 – Информационная безопасность; 11.00.00 – Электроника, радиотехника и системы связи; 13.00.00 – Электро- и теплоэнергетика; 15.00.00 – Машиностроение; 20.00.00 – Техносферная безопасность и природообустройство; 22.00.00 – Технологии материалов; 27.00.00 – Управление в технических системах; 44.00.00 – Образование и педагогические науки./ Под общ. ред. проф. А. А. Демидова – Брянск : БГТУ, 2021. – 43 с. – URL: <http://mark.lib.tu-bryansk.ru/marcweb2/Found.asp>. – Режим доступа: для зарегистрированных читателей НБ БГТУ. – Текст : электронный.

### 8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### *а) основная литература*

1. Байков Ю. А. Физика конденсированного состояния: учебное пособие / Байков Ю., А., Кузнецов В., М. 4-е изд. эл. – Москва: Лаборатория знаний, 2020. – 294 с. – ISBN 978-5-00101-825-4.
2. Мейлихов, Е. З. Общая физика конденсированного состояния: учебное пособие / Е. З. Мейлихов. – Долгопрудный: Интеллект, 2018. – 416 с. – ISBN 978-5-91559-246-8.
3. Долженко, Д. И. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: сборник задач и упражнений / Д. И. Долженко, Н. В. Иванов; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. -150
4. Арефьева Л.П. Физика конденсированного состояния: учебное пособие. – Ставрополь: Из-во СКФУ, 2021. -130 с
5. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.В. Савельев. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 468 с. – ISBN 978-5-8114-4253-9 – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92652>.

#### ***б) дополнительная литература***

1. Трофимова, Т. И. Курс физики: учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – Москва: АCADEMIA, 2020. – 560 с. – ISBN 987-5-9729-0148-7. (3 экз.). (2008. -6 экз., 2005. -10 экз., 2001. - 53 экз., 2000. - 9 экз.).
2. Петров, Ю.В. Основы физики конденсированного состояния / Ю.В. Петров. -М.:Интеллект, 2020.-288 с.
3. Шалимов, К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимов.-С.-П.:Лань, 2020.-384с.
4. Ансельм, А.И. Введение в теорию полупроводников / А.И. Ансельм.-С.-П.:Лань, 2020.-624 с.
5. Гуртов, В.И. Твердотельная электроника/ В.И. Гуртов.-М.:Техносфера, 2020.-408 с.

#### ***в) справочная литература***

1. Яворский, Б. М. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский, А.К. Лебедев. – Москва: Оникс, 2018. – 1056 с. – ISBN 5-488-00330-4.
2. Рыбалка, С.Б. Физика. Таблицы физических величин : справочные материалы для студентов всех форм обучения по укрупненным группам направлений подготовки и специальностей 02.00.00 – Компьютерные и информационные науки; 09.00.00 – Информатика и вычислительная техника; 10.00.00 – Информационная безопасность; 11.00.00 – Электроника, радиотехника и системы связи; 13.00.00 – Электро- и теплоэнергетика; 15.00.00 – Машиностроение; 20.00.00 – Техносферная безопасность и природообустройство; 22.00.00 – Технологии материалов; 27.00.00 – Управление в технических системах; 44.00.00 – Образование и педагогические науки. / С.Б. Рыбалка, И.О. Мачихина, О.А.

Шишкина – Брянск: БГТУ, 2021. – 43 с. – URL: <http://mark.lib.tu-bryansk.ru/marcweb2/Found.asp>. – Режим доступа: для зарегистрированных читателей НБ БГТУ. – Текст: электронный.

### **8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при изучении дисциплины**

*(В список включается список электронных каталогов, электронных библиотек (пп.1-3), а также перечень проблемно-ориентированных программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий (по видам), ссылки на ресурсы Internet). Например:*

- 1). Сайт научной библиотеки БГТУ (<https://libri.tu-bryansk.ru>)
- 2). Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com>).
- 3). Электронно-библиотечная система «IPRbooks» (<http://www.iprbookshop.ru>).
- 4). Электронно-библиотечная система ИД «Гребенников» (<https://grebennikon.ru>).
- 5). Единое окно доступа к информационным ресурсам (<http://window.edu.ru>).
- 6). Национальная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru>).
- 7). Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» (<http://school-collection.edu.ru>).
- 8). Федеральный Интернет-портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>).
- 9). Сайт Кафедры Физики. БГТУ <http://phys-online.ru>

### **8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и (или) информационных справочных систем**

*В список включается перечень лицензионных баз данных, информационно-справочных и поисковых систем (по профилю образовательных программ (см реестр лицензионного программного обеспечения БГТУ). Например:*

- 1). Операционная система класса Microsoft Windows.
- 2). Пакет офисных прикладных программ OpenOffice или Microsoft Office.
- 3). Федеральный портал «Российское образование» - Режим доступа: [www.edu.ru](http://www.edu.ru)
- 4). Федеральный портал «Единое окно доступа к информационным ресурсам» - Режим доступа: [window.edu.ru](http://window.edu.ru)
- 5). Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» (<http://school-collection.edu.ru>).
- 6). Система дистанционного обучения «Moodle».
- 7). Попков, В.И. Физика. Физика элементарных частиц: лекция-презентация. Электр. Ресурс. Брянск: БГТУ, 2020. – 1. эл. опт. диск (CD ROM). – 12,4 Мб.

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

Для обеспечения обучения необходима следующая материально-техническая база:

- аудитория для проведения лекционных занятий, оборудованная персональными компьютерами, мультимедийным компьютерным проектором, средства звуковоспроизведения (по возможности), проекционным экраном, наличием доступа в информационно-коммуникационную сеть Интернет;

- компьютерный класс для проведения лабораторных работ с установленным комплектом программного обеспечения и доступом в информационно-коммуникационную сеть интернет, оборудованный мультимедийным компьютерным проектором, средства звуковоспроизведения (по возможности), проекционным экраном / лаборатория со специализированным оборудованием для проведения лабораторных работ;
- учебная аудитория, оснащенная комплектом мебели и доской, для проведения консультаций, зачета, зачета с оценкой, экзамена;
- компьютерные классы с постоянным доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», а также читальные залы научной библиотеки БГТУ для самостоятельной работы обучающихся.

## **10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Изучение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья организуется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

При проведении учебных занятий обеспечивается соблюдение следующих требований:

- учебные занятия проводятся для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в одной аудитории совместно с обучающимися, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, если это не создает трудностей для обучающихся в ходе учебных занятий;
- присутствие ассистента из числа работников БГТУ или привлеченных лиц, оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, общаться с педагогическим работником и т. п.);
- обучающиеся с учетом их индивидуальных особенностей могут пользоваться необходимыми им техническими средствами;
- материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, при отсутствии лифтов аудитория должна располагаться на первом этаже; наличие специальных кресел и других приспособлений).

Университетом созданы специальные условия для получения высшего образования обучающимися с ОВЗ:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- наличие альтернативной версии официального сайта организации в сети "Интернет" для слабовидящих;
- размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или



слабовидящими, местах и в адаптированной форме (с учетом их особых потребностей) справочной информации о расписании учебных занятий (информация должна быть выполнена крупным рельефно-контрастным шрифтом (на белом или желтом фоне) и продублирована шрифтом Брайля);

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;

- обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

- обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собаку-проводника, к зданию организации;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- дублирование звуковой справочной информации о расписании учебных занятий визуальной (установка мониторов с возможностью трансляции субтитров (мониторы, их размеры и количество необходимо определять с учетом размеров помещения);

- обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения Университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, локальное понижение стоек-барьеров; наличие специальных кресел и других приспособлений).

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **11.1. Методические материалы для педагогических работников**

Основными формами организации обучения по дисциплине являются лекции, практические занятия и самостоятельная работа обучающихся.

**Организация теоретического обучения** предполагает использование инновационных технологий проведения занятий лекционного типа, к которым, в частности, относятся: проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-исследование.

1. *Проблемная лекция* предполагает преимущественно всесторонний анализ исторических и социокультурных, образовательных явлений, научный поиск истины. Проблемная лекция опирается на логику последовательно моделируемых проблемных ситуаций путем постановки проблемных вопросов или предъявления проблемных задач.

2. *Лекция-визуализация* реализует принцип наглядности и учит обучающихся преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания

обучения.

3. *Лекция-беседа* является наиболее распространенной и сравнительно простой формой активного вовлечения обучающихся в учебный процесс. Такая лекция предполагает непосредственный контакт (диалог) педагогического работника с аудиторией.

4. *Лекция-дискуссия*, в которой в отличие от лекции-беседы педагогический работник при изложении лекционного материала не только использует ответы обучающихся на свои вопросы, но и организует свободный обмен мнениями в интервалах между логическими разделами.

**Организация практических занятий по дисциплине** направлена на углубление научно-теоретических знаний обучающихся, формирование практических умений и овладение определенными методами самостоятельной работы.

Практические занятия представляют собой занятия по решению различных прикладных задач, образцы которых были даны на лекциях.

Задачи практических занятий:

- помочь обучающимся систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера;
- научить обучающихся приемам решения задач из предметной области дисциплины;
- способствовать овладению навыками и умениями, входящих в структуру формируемых компетенций в результате освоения дисциплины;
- научить их работать с информацией, книгой, пользоваться справочной и научной и методической литературой;
- формировать умение учиться самостоятельно, т.е. овладевать методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

Содержание практических работ составляют:

- устные экспресс-опросы;
- групповые дискуссии;
- выполнение практических заданий;
- письменное или компьютерное экспресс-тестирование и др.

Цели практических занятий наилучшим образом достигаются в том случае, если студент предварительно проработал тематику практического занятия. Поэтому преподаватель должен информировать студентов о теме следующего практического занятия, чтобы они могли целенаправленно самостоятельно заниматься в домашних условиях.

**Организация лабораторных занятий по дисциплине** направлена на следующие цели и задачи:

- углубление и закрепление знания теоретического курса путем практического изучения в лабораторных условиях изложенных в лекциях законов и положений;
- приобретение навыков в научном экспериментировании, анализе полученных результатов;
- формирование первичных навыков организации, планирования и проведения научных исследований.

Порядок подготовки лабораторного занятия:

- изучение требований программы дисциплины;
- формулировка цели и задач лабораторного занятия;
- разработка плана проведения лабораторного занятия;
- подбор содержания лабораторного занятия;
- разработка необходимых для лабораторного занятия инструкционных карт;
- моделирование лабораторного занятия;
- проверка специализированной лаборатории на соответствие санитарно-гигиеническим нормам, требованиям по безопасности и технической эстетике;
- проверка количества лабораторных мест, необходимых и достаточных для достижения поставленных целей обучения;
- проверка материально-технического обеспечения лабораторных занятий на соответствие требованиям программы дисциплины.

Формы проведения лабораторных занятий:

- фронтальная;
- по циклам;
- индивидуальная;
- смешанная (комбинированная).

При проведении лабораторных работ используют три подхода к их выполнению:

- на основе рецептурных действий обучающихся, когда они проявляют умение работать преимущественно в стандартных условиях, отраженных в руководстве по лабораторному практикуму;
- на основе частично поисковых действий, когда обучающиеся могут действовать достаточно самостоятельно, решать несложные творческие задачи при подсказке или непосредственном руководстве преподавателя;
- на основе активных творческих действий обучающихся, когда они проявляют способность действовать в условиях, близких к реальным, используя запас приобретенных знаний.

***Самостоятельная работа обучающихся*** предполагает аудиторную и внеаудиторную формы организации.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся без участия педагогического работника являются: формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.); подготовка к занятиям; составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний и т.п.; текущий самоконтроль, выполнение расчетно-графической работы/курсового проекта/курсовой работы.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся с участием педагогического работника являются: текущие консультации, прием и разбор домашних заданий и др.

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, консультации преподавателя и др.

## 11.2. Методические материалы для обучающихся

Обучающимся, изучающим дисциплину, необходимо знать требования, предъявляемые к их различным видам учебных занятий, в том числе лекционным, практическим, индивидуальным и др. (таблица 12).

Таблица 12 – Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Организация деятельности обучающегося</b>
Лекции	Изучение дисциплины следует начинать с прослушивания и конспектирования лекций, перечитывать конспект перед выполнением домашних заданий и практическими занятиями. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать педагогическому работнику на консультации, на практическом занятии. Над конспектами лекций надо работать систематически: первый просмотр рекомендуется сделать вечером того же дня, когда была прочитана лекция, затем просмотреть через 3-4 дня, и сделать это еще раз накануне практического занятия.
Практические занятия	Ознакомление с целью и задачами занятия. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме. Выполнение (решение) практических заданий и задач по алгоритму, на основе частично поисковой и или исследовательской деятельности и др.
Лабораторные работы	Подготовка к эксперименту (ознакомление с целью и задачами, ходом лабораторной работы, работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, подготовка таблиц для фиксирования хода и результатов опытно-экспериментальной работы и др.). Проведение измерений (вводный и текущий инструктаж, проведение опытов и экспериментов). Обработка полученных результатов; формулировка выводов и написание отчета. Защита отчета по лабораторной работе.
Изучение дополнительной литературы и самостоятельное формирование конспекта	Ознакомление с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в конкретной теме. Составление аннотаций к прочитанным источникам и др. Рефлексия собственных достижений
Подготовка к зачету / экзамену	При подготовке к зачету /экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу,

Вид учебной работы	Организация деятельности обучающегося
	шкалу оценивания и др.

## 12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины

Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины

Код компетенции	Оценочные средства текущего контроля успеваемости	Оценочные средства промежуточной аттестации обучающихся
ОПК-1.	1. Контрольные работы. 2. Выполнение лабораторных работ № 1 – 5, 7,9,10,12 – 15. 3. Тестовые задания № 1 – 30. 4. Экспресс-тестирование.	Вопросы к зачету представлены в ФОС по дисциплине. Вопросы к экзамену представлены в ФОС по дисциплине.

### 12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости

Оценивание отдельных видов работ в процессе изучения дисциплины рекомендуется осуществлять с использованием следующей шкалы:

– обучающийся ответил правильно на более, чем 90 % заданных вопросов или вопросов-тестов, выполнил и успешно защитил практические работы, показал отличное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т.д. – «отлично» (максимальный уровень освоения компетенций);

– обучающийся ответил правильно на 75-89% заданных вопросов или вопросов-тестов, выполнил и защитил практические работы с незначительными замечаниями, показал хорошее владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т.д. – «хорошо» (средний уровень освоения компетенций);

– обучающийся ответил правильно на 60-74% заданных вопросов или вопросов-тестов, выполнил и защитил практические работы со значительными замечаниями, показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т.д. – «удовлетворительно» (минимальный уровень освоения компетенций);

– обучающийся ответил правильно на менее, чем 60% заданных вопросов или вопросов-тестов, не выполнил все или выполнил часть практических работ, не защитил или защитил их со значительными замечаниями, при выполнении

задания обучающийся не продемонстрировал уровень самостоятельного владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т.д. – «неудовлетворительно» (минимальный уровень освоения компетенций не достигнут).

В процесс преподавания дисциплины педагогическим работником формируется оценка, характеризующая текущую успеваемость обучающегося.

### 12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся

При проведении промежуточной аттестации обучающихся в форме зачета/ экзамена используется шкала оценивания, представленная в таблице 14.

Таблица 14 – Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
Высокий (зачтено / «отлично»)	Обучающийся глубоко и прочно усвоил теоретический и практический материал, уверенно это демонстрирует в ходе промежуточной аттестации. Исчерпывающе и логически стройно излагает учебный материал, умеет увязывать теорию с практикой, справляется с решением задач профессиональной направленности высокого уровня сложности, правильно обосновывает принятые решения. Свободно ориентируется в учебной и профессиональной литературе.
Повышенный (зачтено / «хорошо»)	Обучающийся знает теоретический и практический материал, грамотно и по существу излагает его в ходе промежуточной аттестации, не допуская существенных неточностей. Правильно применяет теоретические положения при решении практических задач профессиональной направленности разного уровня сложности, владеет необходимыми для этого навыками и приёмами. Достаточно хорошо ориентируется в учебной и профессиональной литературе.
Базовый (зачтено / «удовлетворительно»)	Обучающийся знает на базовом уровне теоретический и практический материал, допускает отдельные ошибки при его изложении в ходе промежуточной аттестации. Обучающийся испытывает определённые затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, владеет необходимыми для этого базовыми навыками и приёмами. Демонстрирует достаточный уровень знания учебной литературы по дисциплине.
Низкий (не зачтено / «неудовлетворительно»)	Обучающийся не знает на пороговом уровне теоретический и практический материал, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации. Испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами. Демонстрирует фрагментарные знания учебной литературы по дисциплине.

Курсовая работа (курсовой проект) не предусмотрены.

#### 12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине

Итоговая оценка по дисциплине определяется с учетом результатов промежуточной аттестации обучающегося и оценок, полученных обучающимся в ходе текущего контроля успеваемости в семестре.

#### 12.5. Характеристика результатов обучения

Характеристики результатов обучения по дисциплине в зависимости от полученной обучающимся оценки приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Характеристика результатов обучения по дисциплине

Оценка	Характеристика результатов обучения
Зачтено / «Отлично» (высокий уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено полностью, все цели достигнуты, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены
Зачтено / «Хорошо» (повышенный уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с незначительными замечаниями
Зачтено / «Удовлетворительно» (базовый уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено частично, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, в них имеются ошибки
Не зачтено / «Неудовлетворительно» (низкий уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины не освоено, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий либо не выполнены, либо содержат грубые ошибки; дополнительная самостоятельная работа над материалом не привела к какому-либо значительному повышению качества выполнения учебных заданий

#### 12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся представлены в электронном курсе «Физика конденсированного состояния», размещенном в системе электронной поддержки учебных курсов на базе программного обеспечения Moodle со встроенной подсистемой тестирования (edu.tu-bryansk.ru), входящей в состав электронной информационно-образовательной среды БГТУ (<http://edu.tu-bryansk.ru>) и «Фонд оценочных средств по дисциплине «Физика конденсированного состояния».

### 13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

В соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» воспитание - «деятельность, направленная на развитие личности, создание условий для самоопределения и социализации обучающихся на осно-

ве социокультурных, духовно-нравственных ценностей и принятых в российском обществе правил и норм поведения в интересах человека, семьи, общества и государства, формирование у обучающихся чувства патриотизма, гражданственности, уважения к памяти защитников Отечества и подвигам Героев Отечества, закону и правопорядку, человеку труда и старшему поколению, взаимного уважения, бережного отношения к культурному наследию и традициям многонационального народа Российской Федерации, природе и окружающей среде».

В учебном процессе воспитательная работа с обучающимися реализуется средствами учебных дисциплин.

Воспитательная деятельность в ходе преподавания дисциплины направлена на формирование у обучающегося системы убеждений, нравственных норм и общекультурных качеств, на оказание им помощи в жизненном самоопределении, нравственном, гражданском и профессиональном становлении, на создание условий для самореализации личности. Воспитательная работа также ориентирует обучающихся на будущую профессиональную деятельность, формируя не только личностные, но и профессионально значимые качества.

Воспитательные задачи во время учебных занятий выполняются в скрытой (контекстной) и открытой (целенаправленной) формах. Скрытая форма воспитательной работы представляет собой воздействие всего хода педагогического процесса на становление личностных качеств обучающихся. Например, соблюдение педагогическим работником трудовой дисциплины, демонстрация преданности науке, заинтересованность в успехе обучающихся, правильная речь, хорошие манеры и т.п. имеют положительное воспитательное значение и формируют у обучающихся добросовестность, исполнительность, трудолюбие, ответственность и другие положительные качества. Обучающиеся неосознанно перенимают данные черты у педагогического работника.

Воспитание в открытой форме – это целенаправленное воздействие содержанием учебной дисциплины на становление личности обучающегося. Например, решение проблем и исследовательская работа формируют у обучающихся умение аргументировать, самостоятельно мыслить, стремление к научному поиску, развивают творчество, профессиональные умения.