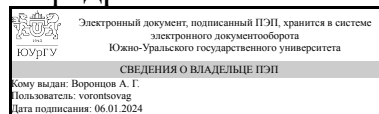


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



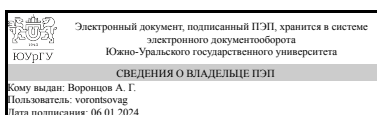
А. Г. Воронцов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.07 Физика конденсированного состояния  
для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника  
уровень Бакалавриат  
профиль подготовки Нанoeлектроника: проектирование, технология, применение  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

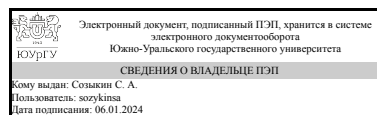
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

Зав.кафедрой разработчика,  
д.физ.-мат.н., доц.



А. Г. Воронцов

Разработчик программы,  
к.физ.-мат.н., доц., доцент



С. А. Созыкин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью и задачей дисциплины является обеспечение фундаментальных знаний и навыков в области физики твердого тела и физики полупроводников. Знание основ физики твердого тела и физики полупроводников; Понимание физической сущности процессов, протекающих в металлах, полупроводниковых, диэлектрических, магнитных материалах и в структурах, созданных на основе этих материалов, в том числе и при воздействии внешних полей изменении температуры; Опыт проведения количественных оценок величины эффектов и характеристических параметров с учетом особенностей кристаллической структуры, электронного и фононного спектров, типа и концентрации легирующих примесей; Готовность в самостоятельному освоению и грамотному использованию результатов новых экспериментальных и теоретических исследований в области физики твердого тела и полупроводников, к самостоятельному выбору метода и объекта исследования.

## Краткое содержание дисциплины

Классификация твердых тел; статистика электронов; диэлектрические и магнитные свойства; оптические свойства; ферромагнетизм, сегнетоэлектричество, сверхпроводимость; собственная и примесная проводимость полупроводников; основные полупроводниковые материалы; некристаллические полупроводники; генерация и рекомбинация носителей; диффузия и дрейф носителей; контактные явления; гетеропереходы; поверхностные электронные состояния; сильно легированные полупроводники; квантово-размерные структуры.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)                                                                                                                                                                                                                 | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | Знает: положения теорий, описывающих атомную структуру, электрические и магнитные свойства тел в конденсированном состоянии<br>Умеет: строить упрощенные модели структурных, электрических и магнитных свойств конденсированных тел с использованием математического аппарата квантовой и классической физики |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана                                                                                                                                                                                                          | Перечень последующих дисциплин, видов работ                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вычислительная математика,<br>Квантовая механика,<br>Статистическая физика,<br>Введение в твердотельную электронику,<br>Вычислительная электродинамика,<br>Компьютерные сети и системы,<br>Уравнения математической физики,<br>Теория функций комплексного переменного | Физика и диагностика поверхности,<br>Специальные главы квантовой механики,<br>Производственная практика (научно-исследовательская работа) (8 семестр) |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина                              | Требования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Квантовая механика                      | Знает: положения квантовой механики, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:                                                                                                                                                                                              |
| Введение в твердотельную электронику    | Знает: Умеет: строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков твердотельной электроники Имеет практический опыт:                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Вычислительная математика               | Знает: алгоритмы вычислительной математики необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:                                                                                                                                                                                        |
| Вычислительная электродинамика          | Знает: положения вычислительной электродинамики, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:                                                                                                                                                                                  |
| Теория функций комплексного переменного | Знает: положения теории функций комплексного переменного, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:                                                                                                                                                                         |
| Компьютерные сети и системы             | Знает: принципы проектирования и настройки компьютерных сетей и систем Умеет: Имеет практический опыт:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Уравнения математической физики         | Знает: принципы построения математических моделей на основе законов физики; основные методы решения уравнений математической физики Умеет: Имеет практический опыт:                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Статистическая физика                   | Знает: положения статистической физики, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: на основе атомистических моделей вычислять основные макроскопические характеристики (структурные, электрические и магнитные) конденсированных тел на основе методов статистической физики Имеет практический опыт: |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 108,75 ч.  
контактной работы

| Вид учебной работы                                                         | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |         |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------|---------|
|                                                                            |             | Номер семестра                     |         |
|                                                                            |             | 6                                  | 7       |
| Общая трудоёмкость дисциплины                                              | 180         | 72                                 | 108     |
| <i>Аудиторные занятия:</i>                                                 | 96          | 48                                 | 48      |
| Лекции (Л)                                                                 | 32          | 16                                 | 16      |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 64          | 32                                 | 32      |
| Лабораторные работы (ЛР)                                                   | 0           | 0                                  | 0       |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>                                        | 71,25       | 19,75                              | 51,5    |
| Выполнение расчетного задания                                              | 8           | 4                                  | 4       |
| Подготовка к контрольным работам                                           | 27,25       | 9,75                               | 17,5    |
| Подготовка к зачету                                                        | 6           | 6                                  | 0       |
| Подготовка к экзамену                                                      | 30          | 0                                  | 30      |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 12,75       | 4,25                               | 8,5     |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                                   | -           | зачет                              | экзамен |

## 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины       | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    |    |
|-----------|----------------------------------------|-------------------------------------------|----|----|----|
|           |                                        | Всего                                     | Л  | ПЗ | ЛР |
| 1         | Атомная структура конденсированных тел | 18                                        | 6  | 12 | 0  |
| 2         | Металлы                                | 18                                        | 6  | 12 | 0  |
| 3         | Диэлектрики                            | 12                                        | 4  | 8  | 0  |
| 4         | Полупроводники                         | 30                                        | 10 | 20 | 0  |
| 5         | Магнетики                              | 18                                        | 6  | 12 | 0  |

### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия                                                                                                                                                                        | Кол-во часов |
|----------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1        | 1         | Симметрия и кристаллическая решетка.                                                                                                                                                                                           | 2            |
| 2        | 1         | Кристаллографические индексы. Обратная решетка.                                                                                                                                                                                | 2            |
| 3        | 1         | Дифракция.                                                                                                                                                                                                                     | 2            |
| 4        | 2         | Классическая теория электропроводности металлов по Друде-Лоренцу.                                                                                                                                                              | 2            |
| 5        | 2         | Квантовая теория электропроводности металлов по Зоммерфельду.                                                                                                                                                                  | 2            |
| 6        | 2         | Введение в зонную теорию твердых тел.                                                                                                                                                                                          | 2            |
| 7        | 3         | Макроскопические свойства диэлектриков. Связь между макроскопическими параметрами диэлектрика. Среднее макроскопическое поле в диэлектрике. Эффективное поле Лоренца. Уравнение Клаузиуса-Моссоти и уравнение Лоренц-Лорентца. | 2            |
| 8        | 3         | Виды поляризации диэлектриков. Механизмы упругой и тепловой поляризации. Функция Ланжевена и её свойства. Формула Ланжевена-Дебая. Расходимость диэлектрической постоянной.                                                    | 2            |

|    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |
|----|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 9  | 4 | Электропроводность полупроводников. Статистика носителей заряда в собственных полупроводниках.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2 |
| 10 | 4 | Экспериментальная проверка закона Ома для полупроводников, и определение ширины запрещенной зоны. Пределы применимости закона Ома.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2 |
| 11 | 4 | Легированные полупроводники. Статистика носителей заряда в легированных полупроводниках. Уровень Ферми в легированных полупроводниках. Особенности положения уровня Ферми в области высоких и низких температур.                                                                                                                                                                                                                       | 2 |
| 12 | 4 | Особенности зонной структуры полупроводников с примесными атомами, валентность которых отличается больше чем на единицу. Интерметаллидные полупроводники.                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2 |
| 13 | 4 | Кинетические, галивано-магнитные и эмиссионные явления в полупроводниках.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2 |
| 14 | 5 | Макроскопические характеристики магнетиков. Связь между макроскопическими характеристиками. Классификация магнетиков по величине магнитной проницаемости, величине и знаку магнитной восприимчивости. Макроскопическое поведение магнетиков в магнитном поле. Физическая природа диамагнетизма в классическом представлении. Диамагнетизм Ланжевена. Предел применимости формулы Ланжевена. Достоинства и недостатки теории Ланжевена. | 2 |
| 15 | 5 | Классический парамагнетизм. Закон Кюри. Закон Кюри-Вейса. Достоинства и недостатки классической теории. Введение в квантовую теорию парамагнетизма. Магнитные свойства нормальных металлов. Парамагнетизм ионов переходных элементов. Функции Бриллюэна и ее связь с функцией Ланжевена.                                                                                                                                               | 2 |
| 16 | 5 | Кооперативные явления магнетизме твердых тел. Физическая природа в кооперативных магнетиках. Классификация магнетиков по типу магнитной структуры. Обменная энергия и обменный интеграл процесса намагничивания. Домены и причины их образования.                                                                                                                                                                                      | 2 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара                                                                                                                                                         | Кол-во часов |
|-----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1         | 1         | Взаимосвязь макроскопических характеристик материалов с параметрами их кристаллической решетки.                                                                                                                             | 2            |
| 2         | 1         | Полости в кристаллических решетках.                                                                                                                                                                                         | 2            |
| 3         | 1         | Кристаллографические индексы узлов, плоскостей и направлений.                                                                                                                                                               | 2            |
| 4         | 1         | Обратная решетка.                                                                                                                                                                                                           | 2            |
| 5         | 1         | Дифракция.                                                                                                                                                                                                                  | 2            |
| 6         | 1         | Контрольная работа №1_1                                                                                                                                                                                                     | 2            |
| 7         | 2         | Классическая электронная теория металлов.                                                                                                                                                                                   | 2            |
| 8         | 2         | Квантовая теория электропроводности металлов по Зоммерфельду.                                                                                                                                                               | 2            |
| 9         | 2         | Проанализировать имперический закон Видемана-Франца с применением классической теории Друде-Лоренца и квантовой Зоммерфельда. Объяснить почему с применением указанных теорий получаются одинаковые значения числа Лоренца. | 2            |
| 10        | 2         | Построение поверхности Ферми. Определение основных параметров: радиуса Ферми, энергии Ферми, скорости электронов на уровне Ферми, импульса электронов на уровне Ферми, плотность состояния на уровне Ферми.                 | 2            |

|    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |
|----|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 11 | 2 | С использованием зависимости плотности состояния от энергии обосновать качественную зависимость теплоемкости от температуры для свободного электронного газа в металлах. Написать уравнение Шредингера для нелокализованных электронов в металле, разъяснить физический смысл параметров входящих в уравнение. С каким допущением используется уравнение Шредингера в модели газа свободных электронов. Провести нормировку волновой функции и получить функцию для трехмерной решетки удовлетворяющую граничным условиям по Борну-Карману. | 2 |
| 12 | 2 | Контрольная работа № 1_2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2 |
| 13 | 3 | Используя метод Лоренца вывести уравнение для локального поля в диэлектрике. Установить связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью. Рассмотреть физический смысл формул Клаузиуса-Моссоти и Лоренц-Лорентца. Вывести формулу для электронной поляризации атома водорода в постоянном электрическом поле. Вывести коэффициент упругой поляризации для молекулы Na-Cl.                                                                                                                                                      | 2 |
| 14 | 3 | Рассмотреть взаимодействие электромагнитных волн с кристаллами. Проанализировать частотную зависимость диэлектрической проницаемости диэлектриков с электронной и ионной поляризацией в окрестности частоты дисперсии в инфрокрасной области.                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2 |
| 15 | 3 | Дипольная тепловая поляризация. Функция Ланжевена и её свойства. Уравнение Ланжевена-Дебая.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2 |
| 16 | 3 | Контрольная работа № 1_3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2 |
| 17 | 4 | Получить выражение закона Ома в дифференциальной форме для собственных полупроводников. Рассмотреть физический смысл параметров входящих в уравнение. Экспериментальная проверка закона Ома. Определение ширины запрещенной зоны.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2 |
| 18 | 4 | Пределы применимости закона Ома для полупроводников.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2 |
| 19 | 4 | Решение типовых задач на собственные полупроводники.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2 |
| 20 | 4 | Рассмотреть основные положения для вычисления средних значений плотности электронов и дырок, которые создаются тепловыми флуктуациями. Вывести формулу определяющую распределение носителей заряда в собственной полупроводнике.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2 |
| 21 | 4 | Определение положения уровня Ферми в собственной полупроводнике и его зависимость от температуры. Рассмотреть физический смысл уровня Ферми для полупроводников.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2 |
| 22 | 4 | Контрольная работа № 2_1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2 |
| 23 | 4 | Провести оценочные расчеты состояния радиусов водородо-подобных атомов, глубины залегания донорных и акцепторных уровней и наибольшую степень локализации при основном состоянии.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2 |
| 24 | 4 | Установить необходимые соотношения для определения уровня Ферми в легированных полупроводниках n и p типа и его зависимость от температуры.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2 |
| 25 | 4 | Вывести уравнение для определения эффекта Холла в полупроводниках. Проанализировать физический смысл параметров определяющих постоянную Холла для полупроводников. Решение типовых задач.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2 |
| 26 | 4 | Контрольная работа № 2_2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2 |
| 27 | 5 | Решение типовых задач по разделу классического диамагнетизма.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2 |
| 28 | 5 | Рассмотреть Физическую природу элементарных магнитных моментов в квантовом представлении. Установить связь между механическим и магнитным моментом. Вывести формулу для спинового и орбитального магнитного момента электронов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2 |
| 29 | 5 | Рассмотреть поведение чисто спиновой системы в магнитном поле в квантовом представлении. Вывести формулу определяющую зависимость                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2 |

|    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |
|----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|    |   | намагниченности чисто спиновой системы от температуры и сопоставить ее с классическим выражением (законом Кюри) для парамагнетизма Ланжевена. Установить физическую природу различия постоянных Кюри в классическом и квантовом представлении.                                                                                                                        |   |
| 30 | 5 | Определение парамагнетизма Паули. Вывод формулы для парамагнетизма Паули. Понятие о диамагнетизме электронов проводимости по Ландау.                                                                                                                                                                                                                                  | 2 |
| 31 | 5 | Провести вывод формулы определяющей температурную зависимость намагниченности с учетом молекулярного поля. Рассмотреть достоинства и недостатки теории молекулярного поля Вейса в теории кооперативных явлений. Рассмотреть магнитную структуру ферромагнетиков на примере оксида железа (Fe(3)O(4)) и разновидности ферритов со структурой шпинели MeO на Fe(2)O(3). | 2 |
| 32 | 5 | Контрольная работа № 2_3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2 |

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |              |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|
| Подвид СРС                       | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс                                                                                                                                                                                                                                                          | Семестр | Кол-во часов |
| Выполнение расчетного задания    | Байков Ю.А., Кузнецов В.М. Физика конденсированного состояния: стр. 13-99, 165-202. Пейсахович Ю.Г., Н.И. Филимонова Физика конденсированного состояния. Фазовые переходы. Магнетики. Свойства диэлектриков: стр. 111-161.                                                                                                          | 6       | 4            |
| Подготовка к контрольным работам | Кузнецов С.И. Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния»: задачи 36-51.                                                                                                                                                                                                                            | 7       | 17,5         |
| Подготовка к контрольным работам | Кузнецов С.И. Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния»: задачи 52-64.                                                                                                                                                                                                                            | 6       | 9,75         |
| Подготовка к зачету              | Байков Ю.А., Кузнецов В.М. Физика конденсированного состояния: стр. 13-99, 165-202. Пейсахович Ю.Г., Н.И. Филимонова Физика конденсированного состояния. Фазовые переходы. Магнетики. Свойства диэлектриков: стр. 111-161. Кузнецов С.И. Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния»: задачи 52-64. | 6       | 6            |
| Подготовка к экзамену            | Байков, Ю.А., Кузнецов В.М. Физика конденсированного состояния: стр. 203-236. Пейсахович Ю.Г., Н.И. Филимонова Физика конденсированного состояния. Фазовые переходы. Магнетики. Свойства                                                                                                                                            | 7       | 30           |

|                               |                                                                                                                                                                                                                |   |   |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
|                               | диэлектриков: 39-110. Кузнецов С.И. Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния»: задачи 36-51.                                                                                 |   |   |
| Выполнение расчетного задания | Байков, Ю.А., Кузнецов В.М. Физика конденсированного состояния: стр. 203-236. Пейсахович Ю.Г., Н.И. Филимонова Физика конденсированного состояния. Фазовые переходы. Магнетики. Свойства диэлектриков: 39-110. | 7 | 4 |

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля     | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Учитывается в ПА |
|------|----------|------------------|-----------------------------------|-----|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1    | 6        | Текущий контроль | Контрольная работа 1_1            | 10  | 10         | В контрольной работе 5 заданий. За каждое задание начисляется до 2х баллов: 2 балла - верно записаны все исходные формулы, проведены необходимые математические преобразования, получен правильный ответ (задание сделано полностью); 1 балл - правильно записаны исходные формулы (задание сделано частично); 0 баллов - в одной или более исходных формулах допущены ошибки. | зачет            |
| 2    | 6        | Текущий контроль | Контрольная работа 1_2            | 10  | 10         | В контрольной работе 5 заданий. За каждое задание начисляется до 2х баллов: 2 балла - верно записаны все исходные формулы, проведены необходимые математические преобразования, получен правильный ответ (задание сделано полностью); 1 балл - правильно записаны исходные формулы (задание сделано частично); 0 баллов - в одной или более исходных формулах допущены ошибки. | зачет            |
| 3    | 6        | Текущий контроль | Контрольная работа 1_3            | 10  | 10         | В контрольной работе 5 заданий. За каждое задание начисляется до 2х баллов: 2 балла - верно записаны все исходные формулы, проведены необходимые математические преобразования, получен правильный ответ (задание сделано полностью); 1 балл - правильно записаны исходные формулы (задание сделано частично); 0 баллов - в одной или более исходных формулах допущены ошибки. | зачет            |

|   |   |                          |                    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |       |
|---|---|--------------------------|--------------------|----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 4 | 6 | Текущий контроль         | Коллоквиум 1_1     | 10 | 6  | Коллоквиум состоит из трех теоретических заданий. Каждое из заданий оценивается от 0 до 2 баллов. 2 балла соответствуют полному верному решению. Каждый недочет (ошибка или отсутствие требуемого по заданию материала) снижает оценку на 1 балл.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | зачет |
| 5 | 6 | Текущий контроль         | Коллоквиум 1_2     | 10 | 6  | Коллоквиум состоит из трех теоретических заданий. Каждое из заданий оценивается от 0 до 2 баллов. 2 балла соответствуют полному верному решению. Каждый недочет (ошибка или отсутствие требуемого по заданию материала) снижает оценку на 1 балл.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | зачет |
| 6 | 6 | Текущий контроль         | Работа на занятиях | 10 | 10 | Пассивная работа на занятиях (процент посещенных занятий) 0-20% - 0 баллов, 21-40% - 1 балл, 41-60% - 2 балла, 61-80% - 3 балла, 81-100% - 4 балла. Активная работа на занятиях (ответ у доски) - каждый ответ до 3-х баллов. Суммарный балл за работу на занятиях не превышает 10 баллов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | зачет |
| 7 | 6 | Бонус                    | Бонусное задание   | -  | 15 | Подготовка доклада по актуальной проблеме физики конденсированного состояния, не рассмотренной в данном курсе. Максимальный балл за бонусное задание: 15 баллов. Отдельно оценивается текст доклада (до 12 баллов) и презентация доклада (до 3 балла).<br>Оценка текста доклада складывается из грамотности оформления: 5 баллов за доклад по заявленной теме, оформленный в соответствии со Стандартом ЮУрГУ (за каждое отступление от стандарта оценка уменьшается на 1 балл); полноты раскрытия темы: максимально 5 баллов (за каждый пропущенный факт, важный для полного раскрытия темы, оценка снижается на 1 балл); качества графической информации: 2 балла (за каждый некачественный рисунок или отсутствие необходимого рисунка оценка снижается на 1 балл). Критерии оценки презентации доклада. Содержание выступления студента должно совпадать с текстом доклада (совпадает: 1 балл, есть заметные отличия: 0 баллов). Студент должен произвести доклад продолжительностью 15-20 минут (соответствует: 1 балл, не соответствует: 0 баллов). Выступление должно быть доступно для понимания одногруппниками студента (соответствует: 1 балл, не соответствует: 0 баллов). | зачет |
| 8 | 6 | Промежуточная аттестация | Зачет              | -  | 15 | Билет содержит 5 заданий: 2 теоретических задания и 3 задачи. За каждое полностью и правильно                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | зачет |

|    |   |                  |                        |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |         |
|----|---|------------------|------------------------|----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|    |   |                  |                        |    |    | выполненное задание ставится 3 балла. Каждый недочет (например, ошибка в математических преобразованиях, неточность в формулировке закона) снижает оценку на 1 балл. При наличии грубых ошибок (например, неверная запись исходных формул, противоречащие физической картине мира теоретические рассуждения) задание оценивается в 0 баллов.                                   |         |
| 9  | 7 | Текущий контроль | Контрольная работа 2_1 | 10 | 10 | В контрольной работе 5 заданий. За каждое задание начисляется до 2х баллов: 2 балла - верно записаны все исходные формулы, проведены необходимые математические преобразования, получен правильный ответ (задание сделано полностью); 1 балл - правильно записаны исходные формулы (задание сделано частично); 0 баллов - в одной или более исходных формулах допущены ошибки. | экзамен |
| 10 | 7 | Текущий контроль | Контрольная работа 2_2 | 10 | 10 | В контрольной работе 5 заданий. За каждое задание начисляется до 2х баллов: 2 балла - верно записаны все исходные формулы, проведены необходимые математические преобразования, получен правильный ответ (задание сделано полностью); 1 балл - правильно записаны исходные формулы (задание сделано частично); 0 баллов - в одной или более исходных формулах допущены ошибки. | экзамен |
| 11 | 7 | Текущий контроль | Контрольная работа 2_3 | 10 | 10 | В контрольной работе 5 заданий. За каждое задание начисляется до 2х баллов: 2 балла - верно записаны все исходные формулы, проведены необходимые математические преобразования, получен правильный ответ (задание сделано полностью); 1 балл - правильно записаны исходные формулы (задание сделано частично); 0 баллов - в одной или более исходных формулах допущены ошибки. | экзамен |
| 12 | 7 | Текущий контроль | Коллоквиум 2_1         | 10 | 6  | Коллоквиум состоит из трех теоретических заданий. Каждое из заданий оценивается от 0 до 2 баллов. 2 балла соответствуют полному верному решению. Каждый недочет (ошибка или отсутствие требуемого по заданию материала) снижает оценку на 1 балл.                                                                                                                              | экзамен |
| 13 | 7 | Текущий контроль | Расчетное задание 2_2  | 10 | 6  | Коллоквиум состоит из трех теоретических заданий. Каждое из заданий оценивается от 0 до 2 баллов. 2 балла соответствуют полному верному решению. Каждый недочет (ошибка или отсутствие требуемого по заданию материала) снижает оценку на 1 балл.                                                                                                                              | экзамен |
| 14 | 7 | Текущий          | Работа на              | 10 | 10 | Пассивная работа на занятиях (процент                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | экзамен |

|    |   |                          |                  |   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |
|----|---|--------------------------|------------------|---|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|    |   | контроль                 | занятиях         |   |    | посещенных занятий) 0-20% - 0 баллов, 21-40% - 1 балл, 41-60% - 2 балла, 61-80% - 3 балла, 81-100% - 4 балла. Активная работа на занятиях (ответ у доски) - каждый ответ до 3-х баллов. Суммарный балл за работу на занятиях не превышает 10 баллов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         |
| 15 | 7 | Бонус                    | Бонусное задание | - | 15 | <p>Подготовка доклада по актуальной проблеме физики конденсированного состояния, не рассмотренной в данном курсе. Максимальный балл за бонусное задание: 15 баллов. Отдельно оценивается текст доклада (до 12 баллов) и презентация доклада (до 3 балла).</p> <p>Оценка текста доклада складывается из грамотности оформления: 5 баллов за доклад по заявленной теме, оформленный в соответствии со Стандартом ЮУрГУ (за каждое отступление от стандарта оценка уменьшается на 1 балл); полноты раскрытия темы: максимально 5 баллов (за каждый пропущенный факт, важный для полного раскрытия темы, оценка снижается на 1 балл); качества графической информации: 2 балла (за каждый некачественный рисунок или отсутствие необходимого рисунка оценка снижается на 1 балл). Критерии оценки презентации доклада. Содержание выступления студента должно совпадать с текстом доклада (совпадает: 1 балл, есть заметные отличия: 0 баллов). Студент должен произвести доклад продолжительностью 15-20 минут (соответствует: 1 балл, не соответствует: 0 баллов). Выступление должно быть доступно для понимания одногруппниками студента (соответствует: 1 балл, не соответствует: 0 баллов).</p> | экзамен |
| 16 | 7 | Промежуточная аттестация | Экзамен          | - | 15 | <p>Билет содержит 5 заданий: 2 теоретических задания и 3 задачи. За каждое полностью и правильно выполненное задание ставится 3 балла. Каждый недочет (например, ошибка в математических преобразованиях, неточность в формулировке закона) снижает оценку на 1 балл. При наличии грубых ошибок (например, неверная запись исходных формул, противоречащие физической картине мира теоретические рассуждения) задание оценивается в 0 баллов.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | экзамен |

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид | Процедура проведения | Критерии |
|-----|----------------------|----------|
|-----|----------------------|----------|

| промежуточной аттестации |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | оценивания                              |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| зачет                    | Итоговая оценка может быть выставлена по результатам текущего контроля. Выполнение контрольного мероприятия промежуточной аттестации не является обязательным. Студент может улучшить свой рейтинг пройдя контрольное мероприятие промежуточной аттестации, которое проводится в письменной форме. Использование печатных и электронных источников информации запрещено. Время на работу -1,5 часа. Возможны дополнительные вопросы по представленной работе. | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |
| экзамен                  | Итоговая оценка может быть выставлена по результатам текущего контроля. Выполнение контрольного мероприятия промежуточной аттестации не является обязательным. Студент может улучшить свой рейтинг пройдя контрольное мероприятие промежуточной аттестации, которое проводится в письменной форме. Использование печатных и электронных источников информации запрещено. Время на работу -1,5 часа. Возможны дополнительные вопросы по представленной работе. | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения                                                                                                                                                            | № КМ |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
|             |                                                                                                                                                                                | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| ПК-1        | Знает: положения теорий, описывающих атомную структуру, электрические и магнитные свойства тел в конденсированном состоянии                                                    | +    | + | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |
| ПК-1        | Умеет: строить упрощенные модели структурных, электрических и магнитных свойств конденсированных тел с использованием математического аппарата квантовой и классической физики | +    | + | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Павлов, П. В. Физика твердого тела Учеб. для вузов по направлению "Физика" и специальностям "Физика и технология материалов и компонентов электрон. техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы". - 3-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2000. - 493,[1] с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела Пер. А. А. Гусева, А. В. Пахнева; Под общ. ред. А. А. Гусева. - М.: Наука, 1978. - 791 с. ил.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Шульгинов А.А., Кожевников Д.Г. Физика твердого тела. Учебное пособие.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Шульгинов А.А., Кожевников Д.Г. Физика твердого тела. Учебное пособие.

### Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы                                           | Наименование ресурса в электронной форме          | Библиографическое описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Дополнительная литература                                | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Гуртов, В. А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Техносфера, 2012. — 560 с. — ISBN 978-5-94836-327-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/73515">https://e.lanbook.com/book/73515</a> (дата обращения: 03.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                                      |
| 2 | Методические пособия для самостоятельной работы студента | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния» : учебное пособие / С. И. Кузнецов, Н. А. Тимченко. — Томск : ТПУ, 2011. — 47 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/10274">https://e.lanbook.com/book/10274</a> (дата обращения: 03.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                                                      |
| 3 | Основная литература                                      | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 296 с. — ISBN 978-5-00101-825-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/151595">https://e.lanbook.com/book/151595</a> (дата обращения: 03.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                                           |
| 4 | Основная литература                                      | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Пейсахович, Ю. Г. Физика конденсированного состояния. Фазовые переходы. Магнетики. Свойства диэлектриков : учебное пособие / Ю. Г. Пейсахович, Н. И. Филимонова. — Новосибирск : НГТУ, 2018. — 163 с. — ISBN 978-5-7782-3612-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/118468">https://e.lanbook.com/book/118468</a> (дата обращения: 03.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 5 | Основная литература                                      | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-0922-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/167840">https://e.lanbook.com/book/167840</a> (дата обращения: 20.10.2021). — Режим доступа: для авториз.                                                                                        |

|  |  |  |                |
|--|--|--|----------------|
|  |  |  | пользователей. |
|--|--|--|----------------|

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий | № ауд.      | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|-------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекции      | 505<br>(16) | Персональный компьютер, проектор                                                                                                                 |