




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

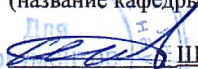
ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК


«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
(подпись) Ширмовский С.Э. \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О. рук. ОП)  
«18» 09 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
теоретической и ядерной физики  
(название кафедры)

  
(подпись) Ширмовский С.Э. \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О. зав. каф.)  
«18» 09 2017 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физика конденсированного состояния**

**Направление подготовки 03.03.02 Физика**

**Форма подготовки очная**

курс 4 семестр 7/8  
лекции 34 час.  
практические занятия 34 час.  
лабораторные работы \_\_\_\_\_ час.  
в том числе с использованием МАО лек. \_\_\_\_\_ /пр.16 \_\_\_\_\_ /лаб. \_\_\_\_\_ час.  
всего часов аудиторной нагрузки 68 час.  
в том числе с использованием МАО 16 час.  
самостоятельная работа 49 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 27 час.  
контрольные работы (количество) \_\_\_\_\_  
курсовая работа / курсовой проект \_\_\_\_\_ семестр  
зачет 8 семестр  
экзамен 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно установленного ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 № 1282.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры теоретической и ядерной физики, протокол № 1 от «18» 09 2017 г.

Заведующий кафедрой: Ширмовский С.Э. к.ф.-м. н., доцент

Составитель (ли): Александрова Н.Я., к.ф.-м. н., доцент

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ \_Ширмовский С.Э.\_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ \_Ширмовский С.Э.\_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

The discipline of "condensed matter physics" refers to a variant of the block B1. OD.1.7.

Total labour input development discipline is 4 credit units, 144 hours. The curriculum provides lecture courses (34 hours), practical lessons (34 hours), independent work (40 hours). Discipline is implemented on the 4 course in 7, 8 semesters.

The study of this discipline is based on the following disciplines: "mathematical analysis", "Quantum theory", " Linear and nonlinear equations physics "Electrodynamics", "thermodynamics, statistical physics, physical kinetics."

**The purpose of the** learning discipline-systematic acquisition of knowledge on condensed matter physics.

### **Tasks:**

1. study of the basic principles of Physics of condensed State;
2. mastering the mathematical apparatus of Physics of condensed State;
3. study of the basic concepts and problems of Physics of condensed State;
4. acquiring the skills of solving tasks for the discipline of condensed matter physics.

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к вариативной части блока Б1.В.ОД.1.7

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (34 часов), практические занятия (34 часа), самостоятельная работа (49 часов). Дисциплина реализуется на 4 курсе в 7, 8 семестрах.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Квантовая теория», «Линейные и нелинейные уравнения физики» «Электродинамика», «Термодинамика, статистическая физика, физическая кинетика.»

**Цель** изучения дисциплины – приобретение систематизированных знаний по физике конденсированного состояния.

### **Задачи:**

- изучение основных принципов физики конденсированного состояния;
- освоение математического аппарата физики конденсированного состояния;
- изучение основных понятий и задач физики конденсированного состояния;
- приобретение навыков решения задач по дисциплине физика конденсированного состояния.

Для успешного изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» у обучающихся должны быть сформированы следующие общекультурные и общепрофессиональные предварительные компетенции:

способность использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в профессиональной деятельности ( ОК-5)

способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественно-научные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и

ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (ОПК-1)

способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей (ОПК-2)

способностью эксплуатировать и обслуживать современную физическую аппаратуру и оборудование (ПК-3)

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
(ПК-5), Готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	Знает (пороговый уровень)	Теоретические основы физических методов исследования; определения физических величин.
	Умеет (продвинутый)	Использовать возможности современных методов физических исследований для решения физических задач; применять основные физические законы и теории из курса общей физики; понимать характерные особенности современного этапа развития физики и естествознания в целом
	Владеет (высокий)	Навыками использования различных физических законов и теорий для объяснения не исследованных ранее явлений; использования физических знаний для прогнозирования протекания природных и техногенных процессов
(ПК-6), Способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении	Знает (пороговый уровень)	Принципы и методы научного исследования; теоретические основы организации, планирования и проведения научных исследований
	Умеет (продвинутый)	Понимать и излагать физическую информацию; пользоваться теоретическими основами, базовыми понятиями, законами и моделями физики;

профильных физических дисциплин	Владеет (высоки й)	Навыками критически анализировать физическую информацию, а также навыками выдвижения идей исследования; навыками использования физических знаний для прогнозирования протекания различных процессов; применять полученные знания для анализа проблем современной физики;
---------------------------------	--------------------	--

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Физика конденсированного состояния» предусмотрены следующие методы активного/интерактивного обучения: лекция-беседа; групповая консультация (для практических занятий).

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Раздел I. Кристаллические решетки (\_8\_ час.) –**

#### **Тема 1. Преобразования симметрии, группы преобразований (2\_ час.)**

Типы преобразований симметрии. Коммутативность преобразований.

#### **Тема 2. Точечные группы (2\_ час)**

Определение точечных групп. Типы точечных групп.

#### **Тема 3. Группа трансляции (2\_ час)**

Точечные группы кристалла. Двухмерные и трехмерные кристаллические решетки. Кристаллические сингонии. Решетки Бравэ.. Пространственные группы.

#### **Тема 4. Обратная решетка кристалла .Индексы Миллера.(2часа)**

Обратная решетка кристалла. Свойства векторов обратной решетки. Объем обратной решетки. Индексы Миллера.

### **Раздел 2. Атомы в кристаллической решетки (4 часа)**

#### **Тема 1 . Теорема Блоха (2\_ час.)**

Доказательство теоремы. Квантовые числа.

#### **Тема 2 Адиабатическое приближение (2часа)**

Адиабатический принцип Борна- Эренфеста. Область применимости

### **Раздел 3. Типы сил, действующих между атомами в кристалле. (4 часа)**

#### **Тема 1 Силы отталкивания (2 часа )**

Кулоновские силы, силы, связанные с действием принципа Паули и тождественности электронов.

#### **Тема 2 Силы притяжения (2 часа):**

Кулоновские силы, обменные силы, ван-дер- ваальсовские силы.

#### **Раздел 4. Динамика решетки (бчаса).**

**Тема 1 Колебания атомов одномерной решетки (2 часа).** Зоны Бриллюэна. Граничные условия Борна- Кармана. Фазовая и групповая скорости. Дисперсия волн.

**Тема 2 Колебания и волны в сложной одномерной решетке (2 часа).**

Дисперсионное уравнение. Оптические и акустические колебания

**Тема 3 Динамика трехмерной решетки. (2 часа)**

Уравнения колебаний атомов в приближении ближайших соседей.. Свойства решеточных сумм. Изоэнергетические поверхности. Оптические и акустические ветви.

Поляризация акустических колебаний. Циклические условия Борна-Кармана.

**Раздел 5. Квантовая теория тепловых колебаний атомов в решетке. (6 часа).**

**Тема 1 Нормальные координаты для одномерной цепочки.(2часа)**

Функция Гамильтона для тепловых колебаний атомов в одномерной решетке. Обобщенные координаты и импульс. Каноническая форма .

**Тема 2 Метод вторичного квантования (2 часа)**

Гамильтониан трехмерной решетки. Метод вторичного квантования. Операторы рождения и уничтожения фононов.

Процессы рассеяния электронов и нейтронов на решетке.

**Тема 3 Свойства фононов.(2часа).**

Энергия и квазиимпульс фононов. Статистика фононов. Зависимость числа фононов от температуры.

**Раздел 6. Термодинамика твердого тела. (4часа).**

**Тема 1. Теплоемкость кристаллической решетки. (2часа).**

Средняя энергия кристаллической решетки. Зависимость теплоемкости акустических и оптических фононов от температуры. Температура Дебая.

**Тема 2. Уравнение состояния твердого тела. (2часа)**

**Раздел 7. Состояния электронов в кристаллической решетке.**

(8 часа)

**Тема 1Свободный электрон в кристалле. (2часа)**

Квантовая теория электронного газа в кристалле. Энергия Ферми. Условие вырождения электронного газа. Функция распределения. Средняя энергия и теплоемкость электронного газа.

**Тема 2 Приближение слабо связанного электрона.(2часа)**

Задача о движении электрона в слабом периодическом поле решетки. Метод последовательных приближений. Зоны Бриллюэна. Энергия и волновые функции электронов в приближении слабого периодического поля, энергетические зоны.

**Тема 3 Приближение сильно связанных электронов в кристалле.(2часа)**

Задача о движении электрона, сильно связанного со своим атомом. Изоэнергетические поверхности. Расщепление энергетических уровней .Тензор обратной эффективной массы.

**Тема 4 Динамика электронов. Метод эффективной массы.( 2 часа)**

Задача о движении электрона во внешнем медленно меняющемся электрическом поле. Функции Ванье.

**II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ  
КУРСА**

**Практические занятия ( \_34\_ час.)**

**Занятие 1.** Группы преобразований ( \_2\_ час.)

Типы преобразований.

**Занятие 2.** Группы преобразований . ( \_2\_ час.)

**Занятие 3.** Точечные группы.. ( \_2\_ час.)....

**Занятие 4.** Группа трансляции (2\_ час)

**Занятие 5.** Колебания атомов одномерной решетки. ( \_4\_ час.)

Зоны Бриллюэна. Граничные условия Борна- Кармана. Фазовая и групповая скорости. Дисперсия волн.

**Занятие 6.** Динамика сложной одномерной решетки ( \_4\_ час.)

Колебания и волны в сложной одномерной решетке.

Дисперсионное уравнение. Оптические и акустические колебания

**Занятие 7. Нормальные координаты для одномерной цепочки.(4 часа)**

Функция Гамильтона для тепловых колебаний атомов в одномерной решетке.

Обобщенные координаты и импульс. Каноническая форма .

**Занятие 8.** Электрон в периодическом поле решетки. ( 4 часа)

Модель Кронига –Пенни

**Занятие 9. Приближение сильно связанных электронов в кристалле.(4 часа)**

Задача о движении электрона, сильно связанного со своим атомом. Изоэнергетические поверхности. Расщепление энергетических уровней .Тензор обратной эффективной массы.

**Занятие 10. Локализованные состояния электрона в неидеальной решетке.(4часа)**

Волновая функция электрона в неидеальной решетке. Донорная и акцепторная примеси, примесные уровни. Дефекты. Статистика носителей заряда. Неравновесные электроны и дырки.

**Занятие 11. Контрольная работа ( 2 часа)**



### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физика конденсированного состояния» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1 Преобразования симметрии	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	Экзамен, вопросы № 1 - 6
2	Раздел 2. Атомы в кристаллической решетки	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	Экзамен, вопросы № 7-8
3	Раздел 3. Типы сил, действующих между атомами в кристалле	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	Экзамен, вопросы № 9-10
4	Раздел 4. Динамика	ПК-5,	знание,	Работа на	Экзамен,

	решетки	ПК-6	умение	семинаре	вопросы № 10 - 14
5	Тема 1 Колебания атомов одномерной решетки	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	Экзамен, вопросы № 15-20
6	Раздел 5. Квантовая теория тепловых колебаний атомов	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	Зачет, вопросы № 1
7	Раздел 6. Термодинамика твердого тела	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	Зачет, вопросы № 2
8	Раздел 7. Состояния электронов в кристаллической решетке	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	зачет, вопросы № 3
9	Тема 1 Свободный электрон в кристалле.	1 ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	зачет, вопросы № 41
10	Тема 2 Приближение слабо связанного электрона	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	зачет, вопросы 5
11	Тема 3 Приближение сильно связанных электронов в кристалле.	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	зачет, вопросы № 6
12	Тема 4 Динамика электронов. Метод эффективной массы	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	зачет, вопросы № 7

Типовые контрольные задания,

### Контрольная работа №1

1. Элементарная ячейка и её свойства
2. Простые и сложные кристаллические решетки.
3. Преобразования симметрии.
4. Точечные группы.
5. Кристаллические сингонии. Решетки Браве.
6. Пространственные группы.
7. Прямая и обратная решетка кристалла.
8. Теорема Блоха.
9. Адиабатическое приближение.

10. Природа сил притяжения в кристаллической решетке.
11. Природа сил отталкивания в кристаллической решетке.

### **Контрольная работа №2**

1. Электроны в решетке. Приближение свободных электронов.
2. Теплоемкость электронного газа.
3. Движение электрона в периодическом поле решетки. Модель Кронига-Пенни
4. Приближение слабо связанных электронов.
5. Приближение сильно связанных электронов.
6. Метод эффективной массы

### **Контрольная работа №3**

1. Колебания атомов в простой одномерной решетке.
2. Колебания атомов в сложной одномерной решетке.
3. Колебания атомов в трехмерной сложной решетке.
4. Общие свойства решеточных частот.
5. Циклические условия Борна-Кармана.
6. Нормальные координаты для одномерной решетки.
7. Фононы

### **ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ.**

1. Элементарная ячейка и её свойства
2. Простые и сложные кристаллические решетки.
3. Преобразования симметрии.
4. Точечные группы.
5. Кристаллические сингонии. Решетки Браве.
6. Пространственные группы.
7. Прямая и обратная решетка кристалла.
8. Теорема Блоха.
9. Адиабатическое приближение.
10. Природа сил притяжения в кристаллической решетке.
11. Природа сил отталкивания в кристаллической решетке.
12. Колебания атомов в простой одномерной решетке.
13. Колебания атомов в сложной одномерной решетке.
14. Колебания атомов в трехмерной сложной решетке.
15. Общие свойства решеточных частот.
16. Циклические условия Борна-Кармана.
17. Нормальные координаты для одномерной решетки.
18. Фононы.
19. Теплоемкость кристаллической решетки.
20. Уравнение состояния твердого тела.

## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ.

1. Электроны в решетке. Приближение свободных электронов.
2. Теплоемкость электронного газа.
3. Движение электрона в периодическом поле решетки. Модель Кронига-Пенни.
4. Приближение слабо связанных электронов.
5. Приближение сильно связанных электронов.
6. Метод эффективной массы.
7. Локализованные состояния электрона в неидеальной решетке.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

...

1. Введение в физику твердого тела : [учебное руководство] / Ч. Киттель ; [пер. А. А. Гусев], Изд. 2-е, стер., перепеч. с изд. 1978 г Москва : Альянс , 2013, 791 с
2. Физика твердого тела : Учебник / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов Москва : Высшая школа , 2000 . 494 с.
3. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. Санкт-Петербург : Лань , 2010, 218 с
4. Основы физики конденсированного состояния : [учебное пособие] / Ю. В. Петров Долгопрудный : Интеллект , 2013, 213 с
5. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2714](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2714) Цвелик А.М. Квантовая теория поля в физике конденсированного состояния. М.: Физматлит, 2004. - 320 с.

**Дополнительная литература**  
(печатные и электронные издания)

1. Ансельм А.И. Введение в физику полупроводников. - М.: Наука, 1978.
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. - М.: Наука, 1978.
3. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. - М.: Мир, 1974.
4. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников.- М.:Наука,1990.
5. Ашкрофт Н., Мермин Н. "Физика твердого тела". 1979. Изд-во "Мир", Москва/
6. Н.Б.Брандт, С.М.Чудинов . "Энергетические спектры электронов и фононов". 1980. Изд-во Московского университета, Москва.
7. В.В.Шмидт ."Введение в физику сверхпроводимости". 2000. МЦ НМО, Москва.
8. Основы физики конденсированного состояния вещества : учебное пособие для вузов / Е. В. Бабкин, И. Краус, Г. Госманова ; Сибирский государственный аэрокосмический университет. Красноярск : [Изд-во Сибирского аэрокосмического университета] , 2007,227 с.
9. Основы физики конденсированного состояния вещества : учебное пособие для вузов / Е. В. Бабкин, И. Краус, Г. Госманова ; Сибирский государственный аэрокосмический университет. Красноярск : [Изд-во Сибирского аэрокосмического университета] , 2007,227 с.
10. Диаграмматика. Лекции по избранным задачам теории конденсированного состояния / М. В. Садовский, Изд. 2-е, испр. и доп Москва ,Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика : Институт компьютерных исследований , 2010,376 с
11. Основы физики конденсированного состояния : [учебное пособие] / Ю. В. Петров Долгопрудный : Интеллект , 2013,213 с

## Нормативно-правовые материалы<sup>1</sup>

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2714](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2714) Цвелик А.М. Квантовая теория поля в физике конденсированного состояния. М.: Физматлит, 2004. - 320 с.

### Перечень информационных технологий и программного обеспечения

## VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Важной является самостоятельная работа по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его.

Методические указания по сдаче зачета.

Зачеты принимаются ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора филиала по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей.

Форма проведения зачета (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины.

---

<sup>1</sup> Данный раздел включается при необходимости

Во время проведения зачета студенты могут пользоваться рабочей программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Зачетные ведомости являются основными первичными документами по учету успеваемости студентов. Администраторы образовательных программ до начала процедуры приема зачетов и экзаменов формируют зачетно-экзаменационные ведомости.

При явке на экзамены и зачеты студенты обязаны иметь при себе зачетную книжку, которую они предъявляют экзаменатору.

Преподаватель заполняет соответствующие графы зачетной книжки студента, а именно: название дисциплины записывается полностью, без сокращений, в соответствии с учебным планом, также указывается фамилия преподавателя, оценка, дата, подпись, трудоемкость дисциплины, указанная в зачетно-экзаменационной ведомости или листе.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливаются оценки: по зачетам: «зачтено» и «не зачтено».

В зачетную книжку студента и в экзаменационную ведомость вносятся только положительные оценки, неудовлетворительные оценки вносятся только в экзаменационную ведомость. При заполнении ведомости не допускаются прочерки или незаполненные графы. Неявка студента на зачет без уважительной причины может быть засчитана как получение неудовлетворительной оценки, при этом в ведомости делается запись «не явился».

Оценки, выставленные экзаменатором по итогам зачетов, не подлежат пересмотру.

Студент, не согласный с выставленной оценкой, имеет право в течение следующего рабочего дня подать заявление, согласованное с руководителем ООП, на имя директора Школы (филиала) с просьбой о передаче экзамена комиссии. В случае обоснованности поданного заявления директор Школы создает комиссию в составе не менее 3 профильных преподавателей по соответствующей кафедре. Оценка, полученная студентом во время передачи экзамена комиссии, является окончательной.

Студент должен изучить основные типы конденсированных сред, классификацию кристаллических решеток, кристаллические сингонии, пространственные группы кристалла; основные приближения зонной теории кристаллов, особенности энергетического спектра электрона в кристалле,

понятие эффективной массы, классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории;

Рассмотреть особенности классического и квантово-механического описания электронного газа, основные термодинамические и кинетические характеристики и электромагнитные свойства электронного газа в полупроводниках и металле; методы описания динамики решетки, основные типы колебаний решетки, оптические и акустические фононы и их свойства; -методы описания и механизмы взаимодействия электрического и магнитного полей с решеткой; физическую теорию магнетизма, основные типы магнетиков.

В результате изучения дисциплины студент должен уметь осуществлять методологическое обоснование научного исследования; использовать в исследовательской работе современные научные методы рассчитывать кинетические и термодинамические характеристики квантового электронного газа; находить спектр локализованных состояний методами теории возмущений.

**Студент должен овладеть** принципами расчета кинетических и термодинамических характеристик твердого тела; методами расчета колебаний атомной решетки; описывать электронные состояния в конденсированных средах; методами использующие представление вторичного квантования; методами квантовой механики в приложении к задачам физики конденсированных состояний.

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

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение: Microsoft Office ( Excel, PowerPoint, Word и т. д),



Open Office, программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используются следующие информационно справочные системы: ЭБС ДВФУ, библиотеки, ресурсы и порталы по естествознанию.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «физика конденсированного состояния»  
Направление подготовки 03.030.02 «Физика»  
Форма подготовки очная

**Владивосток**  
**2017**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

<b>№</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b> 4 курс, 7 семестр	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Форма контроля</b>	<b>Нормы времени на выполнение</b>
1	1 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
2	2 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
3	3 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
4	4 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
5	5 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
6	6 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
7	7 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
8	8 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
9	9 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
10	10 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
11	11 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
12	12 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
13	13 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
14	14 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа

15	15 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
16	16 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
17	17 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа
18	18 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часа

<b>№</b>	<b>Дата/сроки выполнения 4 курс, 8 семестр</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Форма контроля</b>	<b>Нормы времени на выполнение</b>
1	1 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	1 часов
2	2 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	1 часов
3	3 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	1 часов
4	4 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часов
5	5 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часов
6	6 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часов
7	7 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часов
8	8 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	Работа на семинарских занятиях	2 часов

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению**

Самостоятельная работа помогает студентам:

- 1) овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);

- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;

- работа со справочниками и др. справочной литературой;

- использование компьютерной техники и Интернета и др.;

2) закреплять и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекции;

- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;

- подготовка плана;

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности и уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов должен осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

### **Самостоятельная работа на лекции**

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом

лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

#### Работа с литературными источниками

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой.

#### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Требования к конспекту для практических занятий:

1. Должен быть в отдельной тетради, подписанный.
2. Обязательно писать план занятия с указанием темы, вопросов, списка литературы и источников.
3. Отражать проблематику всех поставленных вопросов (анализ источника, литературы).
4. Иметь по ним аргументированные выводы. Слово «аргументированные» является ключевым. Главное - доказуемость выводов.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы:

- Работа на семинарских занятиях .
- Зачет.

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- сформированность общеучебных умений;

• умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;

• обоснованность и четкость изложения ответа;

• оформление материала в соответствии с требованиями;

• умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;

• умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;

• умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;

• умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Физика конденсированного состояния»  
Направление подготовки 03.03.02 «физика»  
Форма подготовки очная

**Методы контроля:**

- Проведение контрольных работ.;
- проведение коллоквиума;
- экзамен.
- Зачет.

**Интерактивные формы проведения занятий:**

- коллективное обсуждение методов решения задачи.
- коллективное построение моделей, описывающих физические задачи.

**Контрольная работа №1**

12. Элементарная ячейка и её свойства
13. Простые и сложные кристаллические решетки.
14. Преобразования симметрии.
15. Точечные группы.
16. Кристаллические сингонии. Решетки Браве.
17. Пространственные группы.
18. Прямая и обратная решетка кристалла.
19. Теорема Блоха.
20. Адиабатическое приближение.



21. Природа сил притяжения в кристаллической решетке.
22. Природа сил отталкивания в кристаллической решетке.

### **Контрольная работа №2**

1. Электроны в решетке. Приближение свободных электронов.
2. Теплоемкость электронного газа.
3. Движение электрона в периодическом поле решетки. Модель Кронига-Пенни
4. Приближение слабо связанных электронов.
5. Приближение сильно связанных электронов.
6. Метод эффективной массы

### **Контрольная работа №3**

8. Колебания атомов в простой одномерной решетке.
9. Колебания атомов в сложной одномерной решетке.
10. Колебания атомов в трехмерной сложной решетке.
11. Общие свойства решеточных частот.
12. Циклические условия Борна-Кармана.
13. Нормальные координаты для одномерной решетки.
14. Фононы

### **ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ.**

21. Элементарная ячейка и её свойства
22. Простые и сложные кристаллические решетки.
23. Преобразования симметрии.
24. Точечные группы.
25. Кристаллические сингонии. Решетки Браве.
26. Пространственные группы.
27. Прямая и обратная решетка кристалла.
28. Теорема Блоха.
29. Адиабатическое приближение.
30. Природа сил притяжения в кристаллической решетке.
31. Природа сил отталкивания в кристаллической решетке.
32. Колебания атомов в простой одномерной решетке.
33. Колебания атомов в сложной одномерной решетке.
34. Колебания атомов в трехмерной сложной решетке.
35. Общие свойства решеточных частот.
36. Циклические условия Борна-Кармана.
37. Нормальные координаты для одномерной решетки.
38. Фононы.
39. Теплоемкость кристаллической решетки.
40. Уравнение состояния твердого тела.

## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ.

8. Электроны в решетке. Приближение свободных электронов.
9. Теплоемкость электронного газа.
10. Движение электрона в периодическом поле решетки. Модель Кронига-Пенни.
11. Приближение слабо связанных электронов.
12. Приближение сильно связанных электронов.
13. Метод эффективной массы.
14. Локализованные состояния электрона в неидеальной решетке.

### Критерии оценки на экзамене по дисциплине

#### «Физика конденсированного состояния»

Оценка **«отлично»** ставится, если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

Оценка **«хорошо»** ставится, если ответ обнаруживает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится, если ответ свидетельствует в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличается

недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится, если ответ обнаруживает незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

**Владивосток  
2017**



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
по дисциплине «Физика конденсированного состояния»  
Направление подготовки 03.03.02 Физика  
Форма подготовки очная

**Владивосток**  
**2017**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
	Знает (пороговый уровень)	Теоретические основы физических методов исследования; определения физических величин.
(ПК-5), Готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	Умеет (продвинутой)	Использовать возможности современных методов физических исследований для решения физических задач; применять основные физические законы и теории из курса общей физики; понимать характерные особенности современного этапа развития физики и естествознания в целом
	Владеет (высокий)	Навыками использования различных физических законов и теорий для объяснения не исследованных ранее явлений; использования физических знаний для прогнозирования протекания природных и техногенных процессов
(ПК-6), Способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	Знает (пороговый уровень)	Принципы и методы научного исследования; теоретические основы организации, планирования и проведения научных исследований
	Умеет (продвинутой)	Понимать и излагать физическую информацию; пользоваться теоретическими основами, базовыми понятиями, законами и моделями физики;
	Владеет (высокий)	Навыками критически анализировать физическую информацию, а также навыками выдвижения идей исследования; навыками использования физических знаний для прогнозирования протекания различных процессов; применять полученные знания для анализа проблем современной физики;

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1 Преобразования симметрии	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	Экзамен, вопросы № 1 - 6
2	Раздел 2. Атомы в кристаллической решетки	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	Экзамен, вопросы № 7-8
3	Раздел 3. Типы сил,	ПК-5,	знание,	Работа на	Экзамен,

	действующих между атомами в кристалле	ПК-66	умение	семинаре	вопросы № 9-10
4	Раздел 4. Динамика решетки	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	Экзамен, вопросы № 10 - 14
5	Тема 1 Колебания атомов одномерной решетки	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	Экзамен, вопросы № 15-20
6	Раздел 5. Квантовая теория тепловых колебаний атомов	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	Зачет, вопросы № 1
7	Раздел 6. Термодинамика твердого тела	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	Зачет, вопросы № 2
8	Раздел 7. Состояния электронов в кристаллической решетке	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	зачет, вопросы № 3
9	Тема 1 Свободный электрон в кристалле.	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	зачет, вопросы № 41
10	Тема 2 Приближение слабо связанного электрона	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	зачет, вопросы 5
11	Тема 3 Приближение сильно связанных электронов в кристалле.	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	зачет, вопросы № 6
12	Тема 4 Динамика электронов. Метод эффективной массы	ПК-5, ПК-6	знание, умение	Работа на семинаре	зачет, вопросы № 7

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства	
			текущий контроль	промежуточная аттестация

**Шкала оценивания уровня сформированности компетенций по дисциплине «ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
(ПК-5), Готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	знает (пороговый уровень)	Методы проведения научных исследований. Порядок и сущность формулировки объекта и предмета исследования, актуальности, теоретической и практической значимости исследования	Знание определений основных понятий предметной области исследования;	способность дать определения основных понятий предметной области исследования;	45-64
		знание основных понятий по методам научных исследований; знание методов научных исследований и определение их принадлежности к научным направлениям; знает источники информации по методам и подходам к проведению исследований	- способность перечислить и раскрыть суть методов научного исследования, которые изучил и освоил магистрант; - способность самостоятельно сформулировать объект предмет и научного исследования; - способность обосновать актуальность выполняемого задания или исследования; - способность перечислить источники информации по методам и подходам к проведению исследований		
	умеет (продвинутый)	Проводить научное исследование в соответствии с поставленной целью и задачами, определять логику проведения научного исследования	Умение работать с электронными базами данных и библиотечными каталогами, умение применять известные методы научных исследований, умение представлять результаты исследований учёных по изучаемой проблеме и собственных исследований, умение применять методы научных исследований для	- способность работать с данными, каталогов для исследования; - способность найти труды учёных и обосновать объективность применения изученных результатов научных исследований в качестве доказательства или опровержения исследовательских аргументов; - способность изучить научные определения относительно объекта	65-84

			нестандартного решения поставленных задач	и предмета исследования; - способность применять методы научных исследований для нестандартного решения поставленных задач	
	владеет (высокий)	Инструментами и методами проведения научных исследований, методами	Владение терминологией предметной области знаний, владение способностью сформулировать задание по научному исследованию, чёткое понимание требований, предъявляемых к содержанию и последовательности исследования, владение инструментами представления результатов научных исследований	- способность бегло и точно применять терминологический аппарат предметной области исследования в устных ответах на вопросы и в письменных работах, - способность сформулировать задание по научному исследованию; - способность проводить самостоятельные исследования и представлять их результаты на обсуждение на круглых столах, семинарах, научных конференциях.	85-100
ПК-6 Способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	знает (пороговый уровень)	Методы проведения научных исследований. Порядок и сущность формулировки объекта и предмета исследования, актуальности, теоретической и практической значимости исследования	Знание определений основных понятий предметной области исследования;	способность дать определения основных понятий предметной области исследования;	45-64
			знание основных понятий по методам научных исследований; знание методов научных исследований и определение их принадлежности к научным направлениям; знает источники информации по методам и подходам к проведению исследований	- способность перечислить и раскрыть суть методов научного исследования, которые изучил и освоил магистрант; - способность самостоятельно сформулировать объект предмет и научного исследования; - способность обосновать актуальность	



				<p>выполняемого задания или исследования;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-способность перечислить источники информации по методам и подходам к проведению исследований</li> </ul>	
	<p>умеет (продвину тый)</p>	<p>Проводить научное исследование в соответствии с поставленной целью и задачами, определять логику проведения научного исследования</p>	<p>Умение работать с электронными базами данных и библиотечными каталогами, умение применять известные методы научных исследований, умение представлять результаты исследований учёных по изучаемой проблеме и собственных исследований, умение применять методы научных исследований для нестандартного решения поставленных задач</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность работать с данными, каталогов для исследования;</li> <li>- способность найти труды учёных и обосновать объективность применения изученных результатов научных исследований в качестве доказательства или опровержения исследовательских аргументов;</li> <li>- способность изучить научные определения относительно объекта и предмета исследования;</li> <li>- способность применять методы научных исследований для нестандартного решения поставленных задач</li> </ul>	<p>65-84</p>
	<p>владеет (высокий)</p>	<p>Инструментами и методами проведения научных исследований, методами</p>	<p>Владение терминологией предметной области знаний, владение способностью сформулировать задание по научному исследованию, чёткое понимание требований, предъявляемых к содержанию и последовательности исследования, владение инструментами представления</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность бегло и точно применять терминологический аппарат предметной области исследования в устных ответах на вопросы и в письменных работах,</li> <li>- способность сформулировать задание по научному исследованию;</li> <li>-способность проводить самостоятельные исследования и представлять их результаты на</li> </ul>	<p>85-100</p>

			результатов научных исследований	обсуждение на круглых столах, семинарах, научных конференциях.	
--	--	--	----------------------------------	--	--