



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

**ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

« 21 » 01

Голик С.С.

(Ф.И.О.)

2022 г.



«ТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента

(подпись)

Короченцев В.В.

(Ф.И.О.)

« 1 » 01 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Электронные свойства твердых тел

**Направление подготовки 03.03.02 Физика**

Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИУ ВШЭ, г. Москва)

**Форма подготовки очная**

курс 4 семестр 7,8

лекции 120 час.

практические занятия 130 час.

лабораторные работы не предусмотрено

в том числе с использованием МАО лек.     - / пр.     - / лаб.     - час.

всего часов аудиторной нагрузки 250 час.

в том числе с использованием МАО     - час.

самостоятельная работа 164 час.

в том числе на подготовку к экзамену 90 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрен

зачет 7,8 семестр

экзамен 7,8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. №891.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики

\_\_\_\_\_ протокол № 1 от « 11 » \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_ 2021 \_\_\_\_ г.

Директор департамента к.х.н., доцент, Короченцев В.В.

Составитель (ли): к.ф.-м.н. Давыденко А.В.

Владивосток

2022

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## Цели и задачи освоения дисциплины:

Целями освоения дисциплины «Электронные свойства твердых тел» являются: формирование у студентов профессиональных компетенций, связанных с использованием современных представлений в области физики конденсированных сред, приобретение студентами навыков самостоятельной исследовательской работы, формирование подходов, основанных на полученных знаниях, позволяющих проводить научные исследования и анализировать полученные результаты, развитие умений, позволяющих развивать качественные и количественные физические модели электронных процессов в твердых телах.

Задачей курса является овладение программным материалом, умения решать задачи по соответствующим разделам, умение воспроизводить теоретический материал, умение давать качественное описание теоретических результатов, умение пользоваться теоретическим материалом.

Для успешного изучения дисциплины «Электронные свойства твердых тел» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ПК-1.1. Анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирования задач различных групп;
- ПК-1.2. Выбирает наиболее эффективные методы решения основных типов задач, встречающихся в физике
- ОПК-2.1. Применяет базовые методы научных исследований физических объектов, систем и процессов.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
-----------	--	--

Системное и критическое мышление	УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;
Научно-исследовательский	ПК-8 Способен использовать физические модели и методы исследований при решении теоретических и прикладных задач	ПК-8.2 Применяет современные физические модели и методы на уровне, необходимом для решения теоретических и прикладных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур;
	ПК-9 Способен использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	ПК-9.2 Использует базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества,	Знает значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;	теоретические основы информационных процессов преобразования информации
	Умеет использовать теоретические основы информационных процессов преобразования информации
	Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации
ПК-8.2 Применяет современные физические модели и методы на уровне, необходимом для решения теоретических и прикладных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур;	Знает природу атомных и молекулярных спектров; обладать теоретическими знаниями об энергетических состояниях атомов, молекул и переходах между ними
	Умеет анализировать атомные спектры элементов Периодической системы Д.И. Менделеева; определять строение и параметры простых молекул из спектроскопических данных
	Владеет практическими навыками в области атомной и молекулярной спектроскопии, методами решения расчетных задач, связанных с изучением строения молекул и их электронных, колебательных и вращательных спектров, интерпретацией экспериментальных данных в оптической атомной и молекулярной спектроскопии
ПК-9.2 Использует базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур	Знает базовую теорию фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур
	Умеет использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур
	Владеет базовыми теоретическими знаниями фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур

## 2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зачётных единиц (252 академических часа) в 7 семестре и 7 зачётных единиц (252 академических часа) в 8 семестре.

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

### Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	СР	Контроль	
1	Структура твёрдых тел. Элементы кристаллографии. Элементы физической статистики. Зонная теория твёрдых тел.	7	30		30	78	54	ПР-15
2	Элементарные возбуждения в твёрдых телах.		30		30			ПР-15

	Динамика кристаллической решетки. Тепловые и электрические свойства твёрдых тел.						
3	Магнитные свойства твёрдых тел. Фотонные кристаллы и их свойства. лекционное занятие.	8	30		35		86 36
4	Размернозависимые электронные процессы.		30		35		ПР-15
	Итого:		120		130	164	90

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Лекционные занятия (120 час.)

**Раздел 1. Структура твёрдых тел. Элементы кристаллографии. Элементы физической статистики. Зонная теория твёрдых тел. (30 час.)**

**Тема 1. Силы Ван-дер-Ваальса, их классификация. Ионная, ковалентная и металлическая связи в твёрдых телах. Кристаллическая решетка. (15 час.)**

Решетка Бравэ и с базисом. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристаллах (индексы Миллера). Способы описания состояний макроскопической системы. Числа состояний для микрочастиц

**Тема 2. Классическая и квантовая статистики, их особенности и условия применимости. (15 час.)**

Энергетические уровни свободных атомов. Энергетический спектр электронов в кристалле. Зависимость энергии электронов от волнового вектора (закон дисперсии).

**Раздел 2. Элементарные возбуждения в твёрдых телах. Динамика кристаллической решетки. Тепловые и электрические свойства твёрдых тел. (30 час.)**

**Тема 3. Условия возникновения элементарных возбуждений в твёрдых телах. (15 час.)**

Время жизни элементарных возбуждений. Импульс фонона. Неупругое рассеяние фотонов на акустических фононах. Теплоёмкость твёрдого тела.

Области низких и высоких температур. Теплоемкость электронного газа. Ангармонические взаимодействия в кристаллах. Теплопроводность диэлектриков в области высоких и низких температур. Теплопроводность металлов. Области высоких и низких температур.

**Тема 4. Равновесное состояние электронного газа. Дрейф электронов под влиянием внешнего электрического поля. (15 час.)**

Время релаксации и длина свободного пробега электронов. Электропроводность чистых металлов и металлических сплавов. Явление сверхпроводимости. Щели в энергетическом спектре сверхпроводника.

**Раздел 3. Магнитные свойства твёрдых тел. Фотонные кристаллы и их свойства. лекционное занятие. (30 час.)**

**Тема 5. Магнитные свойства атомов. (15 час.)**

Классификация магнитных материалов. Полный магнитный момент атома. Магнитная восприимчивость диамагнетиков. Диамагнетизм. Классическая и квантовая модели парамагнетизма. Антиферромагнетизм, ферримагнетизм, ферриты. Классификация фотонных кристаллов. Особенности их поведения в микрорезонаторах и пленочных волноводах

**Тема 6. Основы теории фотонных кристаллов в материалах с действительной положительной диэлектрической постоянной. (16 час.)**

Модели наночастиц. Фрактальное представление теории Дебая для макро- и наноструктур. Теплоемкость фрактальных макро- и микроструктур. Теплоемкость фрактальных наноструктур.

**Раздел 4. Размернозависимые электронные процессы. (30 час.)**

**Тема 7. Классические и квантовые размерные эффекты в ограниченных кристаллах. Электронные системы пониженной размерности. (9 час.)**

Основные характеристические длины. Классические размерные эффекты на длине свободного пробега и длине остывания. Квантование энергетического спектра двумерного электронного газа.

**Тема 8. Плотность разрешенных состояний и энергия Ферми в двумерной электронной системе. Электропроводность и эффект Холла в квазидвумерной электронной системе в квантующем магнитном поле (9 час.)**

Квазиодномерная электронная система и квантовая точка. Энергетический спектр, плотность состояний и энергия Ферми. Целочисленный и дробный квантовые эффекты Холла. Спиновый эффект Холла. Применение эффектов размерного квантования в метрологии.

**Тема 9. Спиновая зависимость электронных процессов переноса. (12 час.)**



Магнитные примеси в немагнитных металлах и полупроводниках. Особенности рассеяния носителей заряда с переворотом спина. Спин-обитальное взаимодействие и рассеяние на магнитных центрах. Спиновый эффект Холла.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **Практические занятия ( 130 час.)**

#### **Практическое занятие 1. Электронные состояния в кристаллах (11 час.)**

В данной работе студенты исследуют электронные состояния в кристаллах. Колебания одноатомной линейной цепочки, колебания одноатомной решётки с базисом, колебания атомов трёхмерной решётки. Теплоёмкость твёрдых тел, тепловое расширение твёрдых тел, теплопроводность твёрдых тел.

#### **Практическое занятие 2. Статистика носителей заряда. Квазиклассическое описание движения носителей заряда. (7 час.)**

В данной работе студенты исследуют электронные состояния в кристаллах. Колебания одноатомной линейной цепочки, колебания одноатомной решётки с базисом, колебания атомов трёхмерной решётки.

#### **Практическое занятие 3. Процессы переноса в неоднородных полупроводниках. Магнитные свойства твердых тел. Сверхпроводимость. (7 час.)**

В данной работе студенты изучают Влияние сильных полей. Электропроводность, поляризация диэлектриков, электронная упругая поляризация. Дипольная упругая поляризация, особенности тепловой поляризации. Локализованные состояния, собственная проводимость полупроводников, эффект Холла, сверхпроводимость.

#### **Практическое занятие 4. Основы зонной теории кристаллических твердых тел. (7 час.)**

В данной работе: решение типовых задач, составление конспектов

#### **Практическое занятие 5. Электронные процессы во внешнем магнитном поле (7 час.)**

В данной работе: решение типовых задач, составление конспектов

#### **Практическое занятие 6. Элементарные возбуждения в твёрдых телах. Динамика кристаллической решетки. Тепловые и электрические свойства твёрдых тел. (7 час.)**

Решение задач на определение числа нормальных колебаний решетки. Решение задач на вычисление решеточной теплоемкости и числа нормальных колебаний. Решение задач на определение подвижности свободных электронов.

### **Практическое занятие 7. Решение задач на вычисление магнитного момента атома меди. (7 час.)**

В данной работе студенты решают задачи на вычисление магнитного момента меди. Выполняют нахождение временной зависимости концентраций электронов и дырок в полупроводнике. Проводят дискуссию по пройденному материалу

### **Задания для самостоятельной работы (164 час.)**

*Требования:* после каждого практического занятия обучающемуся необходимо обработать полученные результаты, построить графики зависимостей измеряемых величин, рассчитать требуемые величины и построить рассчитанные графики, объяснить их поведение и сделать правильные выводы.

### **Домашние задания к практическим работам**

#### **Задание №1. Зонная структура энергетического спектра электронов с точки зрения приближения сильной связи (26 час.)**

Понятие о зонной теории твердых тел, металлы, полупроводники, диэлектрики. Движение электронов в периодическом поле кристалла. Уравнение Шредингера для кристалла.

#### **Задание №2. Основные теоретические методы расчета зонной структуры (23 час.)**

Энергетические зоны в приближении сильной связи. Общие свойства волновой функции электрона в периодическом потенциале. Теорема Блоха. Модель Кронига-Пенни.

#### **Задание №3. Метод эффективной массы. (23 час.)**

Эффективная масса электрона в кристалле и ее физический смысл. Собственные полупроводники. Понятие о дырках.

#### **Задание №4. Зонная структура многокомпонентных соединений. (23 час.)**

Зонная структура энергетического спектра электронов в металлах. Расчет закона дисперсии в модели сильной и слабой связи. Примесные

полупроводники.

**Задание №5. Представление об электронной температуре. (23 час.)**

Плазма. Температурная зависимость концентрации носителей. Термодинамика плазмы.

**Задание №6. Магнитные свойства твердых тел (23 час.)**

Магнитная восприимчивость и намагниченность. Энергия магнитного дипольного взаимодействия. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Антиферромагнетизм. Температура Кюри. Возникновение доменных структур.

**Задание №7. Сверхпроводимость (23 час.)**

Нулевое сопротивление. Критическая температура. Низкотемпературные и высокотемпературные сверхпроводники. Поведение сверхпроводников в магнитном поле. Эффект Мейснера. Критические магнитные поля. Сверхпроводники 1 и 2 рода. Теория Гинзбурга-Ландау и параметр порядка. Квантование магнитного потока. Вихри Абрикосова. Туннельный эффект Джозефсона. Джозефсоновские контакты и Джозефсоновские вихри.

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

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	1-4 недели семестра	Домашняя работа 1	26 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь)
2	5-6 недели семестра	Домашняя работа 2	23 час	ПР-15 (рабочая тетрадь)
3	7-8 недели семестра	Домашняя работа 3	23 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь)
4	9-10 недели	Домашняя работа 4	23 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь)

	семестра			
5	11-12 недели семестра	Домашняя работа 5	23 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь)
6	13-15 недели семестра	Домашняя работа 6	23 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь)
7	16-18 недели семестра	Домашняя работа 7	23 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь)
Итого:			164 час.	

### **Рекомендации по самостоятельной работе студентов**

*Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.*

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратить внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

*Работа с литературой.*

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

*Работа с конспектом лекций*

В конспекте лекций необходимо кратко, схематично, последовательно

фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Нужно проверять термины, понятия с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или практических работах.

**Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки.**

### **Работа перед практическими занятиями**

Перед практическим занятием студент должен самостоятельно изучить методические указания по его выполнению, ознакомиться с содержанием работы, прочитать необходимую учебную литературу для понимания физических процессов, изучаемых в лабораторной работе. После успешного выполнения лабораторной работы студент самостоятельно пишет, обрабатывает полученные данные и пишет отчет по практическому занятию. В методических указаниях по выполнению лабораторных работ после каждой лабораторной работы следуют контрольные вопросы. На них необходимо подготовить ответы. Кроме того, необходимо иметь базовые знания по изучаемой теме. Только после теоретической подготовки и написания отчета можно пробовать сдать отчет. Сдача отчета проводится во время практических занятий, когда студенты не работают за лабораторными установками.

### *Структура отчета по практическому занятию*

Отчеты по лабораторным работам представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и (или) расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем, экранных форм («скриншотов») и т. д.

Структурно отчет по лабораторной работе, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

- ✓ *Титульный лист* – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для лабораторных работ форме (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета);

- ✓ *Исходные данные к выполнению заданий*– обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.);
- ✓ *Основная часть*– материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных;

- ✓ *Выводы*– обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);
- ✓ *Список литературы*– обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);
- ✓ *Приложения*– необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

#### *Оформление отчета по лабораторной работе*

Лабораторная работа относится к категории «*письменная работа*», оформляется *по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ*.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

### *Набор текста*

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- ✓ печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- ✓ интервал межстрочный – полуторный;
- ✓ шрифт – TimesNewRoman;
- ✓ размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- ✓ выравнивание текста – «по ширине»;
- ✓ поля страницы -левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;
- ✓ нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставиться, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).
- ✓ режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все *приложения* включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

#### *Рекомендации по оформлению графического материала, полученного с экранов в виде «скриншотов»*

Графические копии экрана («скриншоты»), отражающие графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т. п. должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала, как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения настроить «экран» на параметры масштабирования и размещения снимаемых для иллюстрации объектов. При этом необходимо убрать «лишние» окна, команды, выделения объектов и т. п.

В перенесенных в отчет «скриншотах» рекомендуется «срезать» ненужные области, путем редактирования «изображений», а при необходимости отмасштабировать их для заполнения страницы отчета «по ширине».

«Скриншоты» в отчете оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков, а в тексте должны быть ссылки на указанные рисунки.

### Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Выполнение самостоятельных работ оценивается при сдаче и защите отчетов по лабораторным работам. Критерии оценки индикаторов выполнения самостоятельной работы по курсу приведены в разделе VIII.

## IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Структура твёрдых тел. Элементы кристаллографии. Элементы физической статистики. Зонная теория твёрдых тел.	УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;	Знает значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации	ПР-15 (рабочая тетрадь)	зачет (вопросы 1-6)
			Умеет использовать теоретические основы информационных процессов преобразования информации		
			Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации		
		ПК-8.2 Применяет современные физические модели и методы на уровне, необходимом для решения	Знает природу атомных и молекулярных спектров; обладать теоретическими знаниями об энергетических состояниях атомов, молекул и переходах между ними		



		теоретических и прикладных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур;	<p>Умеет анализировать атомные спектры элементов Периодической системы Д.И. Менделеева; определять строение и параметры простых молекул из спектроскопических данных</p> <p>Владеет практическими навыками в области атомной и молекулярной спектроскопии, методами решения расчетных задач, связанных с изучением строения молекул и их электронных, колебательных и вращательных спектров, интерпретацией экспериментальных данных в оптической атомной и молекулярной спектроскопии</p>		
		ПК-9.2 Использует базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур	Знает базовую теорию фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур		
	Умеет использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур				
	Владеет базовыми теоретическими знаниями фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур				
2	Раздел II. Элементарные возбуждения в твёрдых телах. Динамика кристаллической решетки. Тепловые и электрические свойства твёрдых тел.	УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;	<p>Знает значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации</p> <p>Умеет использовать теоретические основы информационных процессов преобразования информации</p> <p>Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов</p>	ПР-15 (рабочая тетрадь)	зачет (вопросы 7-13)

		преобразования информации	
	ПК-8.2 Применяет современные физические модели и методы на уровне, необходимом для решения теоретических и прикладных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур;	Знает природу атомных и молекулярных спектров; обладать теоретическими знаниями об энергетических состояниях атомов, молекул и переходах между ними	ПР-15 (рабочая тетрадь)
		Умеет анализировать атомные спектры элементов Периодической системы Д.И. Менделеева; определять строение и параметры простых молекул из спектроскопических данных	
		Владеет практическими навыками в области атомной и молекулярной спектроскопии, методами решения расчетных задач, связанных с изучением строения молекул и их электронных, колебательных и вращательных спектров, интерпретацией экспериментальных данных в оптической атомной и молекулярной спектроскопии	
	ПК-9.2 Использует базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур	Знает базовую теорию фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур	
		Умеет использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур	
		Владеет базовыми теоретическими знаниями фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур	
	УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий,	Знает значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации	
		Умеет использовать	

		использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;	теоретические основы информационных процессов преобразования информации Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации		
3	Раздел III. Магнитные свойства твёрдых тел. Фотонные кристаллы и их свойства. лекционное занятие.	УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;	Знает значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации	ПР-15 (рабочая тетрадь)	зачет (вопросы 14-20)
Умеет использовать теоретические основы информационных процессов преобразования информации					
Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации					
ПК-8.2 Применяет современные физические модели и методы на уровне, необходимом для решения теоретических и прикладных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур;		Знает природу атомных и молекулярных спектров; обладать теоретическими знаниями об энергетических состояниях атомов, молекул и переходах между ними			
		Умеет анализировать атомные спектры элементов Периодической системы Д.И. Менделеева; определять строение и параметры простых молекул из спектроскопических данных			
		Владеет практическими навыками в области атомной и молекулярной спектроскопии, методами решения расчетных задач, связанных с изучением строения молекул и их электронных, колебательных и вращательных спектров, интерпретацией экспериментальных данных в оптической атомной и молекулярной спектроскопии			
ПК-9.2 Использует базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе	Знает базовую теорию фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур				
	Умеет использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов				

		при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур	<p>общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур</p> <p>Владеет базовыми теоретическими знаниями фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур</p>		
4	Раздел IV. Размернозависимые электронные процессы.	УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;	<p>Знает значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации</p> <p>Умеет использовать теоретические основы информационных процессов преобразования информации</p> <p>Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации</p>		зачет (вопросы 21-25)
ПК-8.2 Применяет современные физические модели и методы на уровне, необходимом для решения теоретических и прикладных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур;		<p>Знает природу атомных и молекулярных спектров; обладать теоретическими знаниями об энергетических состояниях атомов, молекул и переходах между ними</p> <p>Умеет анализировать атомные спектры элементов Периодической системы Д.И. Менделеева; определять строение и параметры простых молекул из спектроскопических данных</p> <p>Владеет практическими навыками в области атомной и молекулярной спектроскопии, методами решения расчетных задач, связанных с изучением строения молекул и их электронных, колебательных и вращательных спектров, интерпретацией экспериментальных данных в оптической атомной и молекулярной спектроскопии</p>			
ПК-9.2 Использует базовые теоретические знания		Знает базовую теорию фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в			

	фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур	том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур		
		Умеет использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур		
		Владет базовыми теоретическими знаниями фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе VIII.

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

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-369-00967-3 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/363421>
2. Введение в физику твердого тела, Киттель, Ч., Гусева, А. А., 1978

### Дополнительная литература

1. Матухин В.Л., Ермаков В.Л. - Физика твердого тела - Издательство "Лань" - 2010 - 224с. - ISBN: 978-5-8114-0923-5 - Текст электронный // ЭБС ЛАНЬ - URL: <https://e.lanbook.com/book/262>
2. Физика твердого тела: Учебное пособие/Браун А.Г., Винке Е.Э., Краскина О.А. - Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 208 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-010765-3 - Текст :

электронный. - URL: <http://znanium.com/catalog/product/501691>

3. Физика твердого тела. (2012). Ukraine, Europe: НТУ “ХПИ.” Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=edsbas&AN=edsbas.BBBE10A2>

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

1. American Institute of Physics (AIP) - <http://scitation.aip.org/>
2. Электронно-библиотечная система IPR BOOKS - <https://www.iprbookshop.ru/>
3. Elsevier (Science Direct) - <http://www.sciencedirect.com/>
4. Научная электронная библиотека - <http://www.elibrary.ru>
5. ЭБС ZNANIUM.COM - <http://znanium.com/>
6. Электронно-библиотечная система Издательства "Лан" - <http://lanbook.com/>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются программы, позволяющие строить графики по массивам данных и выполнять простейший математический анализ данных (первые производные, сглаживание, линейный фитинг).

### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины.** Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, лабораторные занятия) планируется

самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

*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. Успешное освоение дисциплины предполагает активное участие студентов на всех этапах ее освоения. Изучение дисциплины следует начинать с проработки содержания рабочей программы и методических указаний. При изучении и проработке теоретического материала студентам необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- перед очередной лекцией просмотреть конспект предыдущего занятия;
- при самостоятельном изучении темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПУД литературные источники.

В случае, если возникли затруднения, обратиться к преподавателю в часы консультаций или на практическом занятии.

*Практические занятия* акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений. Основной целью проведения практических занятий является систематизация и закрепление знаний по изучаемой теме, формирование умений самостоятельно работать с дополнительными источниками информации, аргументировано высказывать и отстаивать свою точку зрения.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо:

- повторить теоретический материал по заданной теме;
- продумать формулировки вопросов, выносимых на обсуждение;
- использовать не только конспект лекций, но и дополнительные источники литературы, рекомендованные преподавателем.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче экзамена, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

**Работа с литературой.** Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

**Подготовка к экзамену.** К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все домашние задания, предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

## VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

### Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 441. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 15) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Специализированное ПО не требуется
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 320. Лаборатория пленочных технологий ДВФУ	Вибрационный магнитометр Lakeshore 7400, оптический магнитометр Nanomoke2, Керр-микроскоп Evico Magnetics	ПО, позволяющее выполнять лабораторные работы на лабораторных установках, Origin – программное обеспечение для построения графиков, Gwyddion – свободно распространяемое программное обеспечение для



		обработки графических изображений
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1017. Аудитория для самостоятельной работы	Оборудование: Моноблок Lenovo C360G- i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.)	Специализированное ПО не требуется

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступны лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

## **VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

**(ДФУ)**

---

**ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине «Электронные свойства твердых тел»**

**Направление подготовки 03.03.02 Физика**

**Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИУ ВШЭ, г. Москва)**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток**

**2022**

Для дисциплины «Электронные свойства твердых тел» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

Домашняя работа (ПР-15) защита отчета

Письменные работы

Домашняя работа (ПР-15) написание отчета

**Устный опрос**

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, понимание материала, самостоятельность выполнения домашних задач, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к экзамену.

**Письменные работы**

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Лабораторные работы позволяют студентам непосредственно ознакомиться с научным экспериментальным оборудованием, научиться получать экспериментальные результаты, обрабатывать их, анализировать результаты и делать выводы.

**Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Электронные свойства твердых тел» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – зачет (7-й, 8-й семестр), экзамен (7-й, 8-й семестр). Форма зачета – сдача отчетов по домашним работам. Форма экзамена – два письменных вопроса, на которые студенту дается 40 мин, затем 2 произвольных устных вопроса. Допуск к экзамену возможен только после сдачи всех отчетов по домашним работам.

## Методические указания по сдаче зачета

Зачет принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются преподаватели, которые проводили практические занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять зачет в отсутствие ведущего преподавателя.

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

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

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на зачете, должно составлять не более 20 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на зачете посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются зачет с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «зачтено», «не зачтено». При неявке студента на зачет в ведомости делается запись «не явился».

## Вопросы к зачету

1. Кристаллические структуры. Периодическое расположение атомов. Основные типы решеток. Простые кристаллические структуры.

2. Обратная решетка. Дифракция волн на кристаллах. Амплитуда рассеянной волны. Зоны Бриллюэна.

3. Образование кристаллов. Упругие постоянные.
4. Колебания в кристаллах. Колебания в кристаллах с одноатомным базисом. Двух атомный базис. Неупругое рассеяние фононов.
5. Ферми-газ свободных электронов. Влияние температуры на распределение Ферми- Дирака.
6. Модель квазисвободных электронов. Блоховские функции. Волновое уравнение для электрона в периодическом потенциале. Число орбиталей в зоне.
7. Полупроводниковые кристаллы. Уравнение движения. Дырки.
8. Полуметаллы. Подвижность носителей в полуметаллах.
9. Ферми поверхность и металлы. Экспериментальные методы исследования Ферми поверхностей.
10. Свойства диэлектриков.
11. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики.
12. Термодинамическая теория сегнетоэлектрических и антисегнетоэлектрических кристаллов.
13. Сегнетоэлектрические и антисегнетоэлектрические свойства твердых растворов. Электреты.
- 14.Сверхпроводимость. Экспериментальные факты.
15. Магнитные свойства сверхпроводников. Термодинамика сверхпроводников.
16. Теория Гинзбурга-Ландау.
17. Высокотемпературная сверхпроводимость.
18. Диамагнетизм и парамагнетизм.
19. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм.
20. Магнитный резонанс: электронный парамагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс, ядерный квадрупольный резонанс, двойной электронно-ядерный резонанс.

### **Критерии выставления оценки студенту на зачете**

К зачету допускаются обучающиеся, выполнившие программу обучения по дисциплине, прошедшие все этапы текущей аттестации.

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
<b>«зачтено»</b>	Студент показал развернутый ответ, представляющий собой связанное, логическое, последовательное раскрытие поставленного вопроса, широкое знание литературы. Студент обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, способность применить полученные знания на практике. Допускаются некоторые неточности в ответе, которые студент исправляет самостоятельно.

<b>«не зачтено»</b>	Студент обнаруживает незнание большей части проблем, связанных с изучением вопроса, допускает ошибки в ответе, искажает смысл текста, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Данная оценка характеризует недостатки в подготовке студента, которые являются серьезным препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности.
---------------------	--

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- посещение занятий
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

#### **Устный опрос в сочетании с проверкой отчета по работе**

Оценивание защиты домашней работы проводится при представлении отчета в электронном или печатном виде, по двухбалльной шкале: «зачтено», «не зачтено».

*Пример контрольных вопросов к домашней работе «Структура твёрдых тел. Элементы кристаллографии. Элементы физической статистики. Зонная теория твёрдых тел.»:*

Кристаллические структуры. Основные типы решеток. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. Образование кристаллов. Упругие постоянные. Колебания в кристаллах. Колебания в кристаллах с одноатомным базисом. Двух атомный базис. Неупругое рассеяние фононов.

## **Аннотация дисциплины** **«Электронные свойства твердых тел»**

Рабочая программа учебной дисциплины «Электронные свойства твердых тел» разработана для студентов 4 курса очной формы обучения направления подготовки для студентов направления подготовки 03.03.02 «Физика», профиль «Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИУ ВШЭ, г. Москва)» в соответствии с требованиями федерального государственного стандарта высшего образования.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 14 з.е. (504 час.). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (120 час.), практические занятия (130 час.), самостоятельная работа студента (164 час.). Дисциплина «Физика и технология приборов квантовой электроники и фотоники» входит в вариативную часть образовательной программы, дисциплины по выбору, реализуется на 4 курсе в 7 и 8 семестрах.

Целями освоения дисциплины «Электронные свойства твердых тел» являются: формирование у студентов профессиональных компетенций, связанных с использованием современных представлений в области физики конденсированных сред, приобретение студентами навыков самостоятельной исследовательской работы, формирование подходов, основанных на полученных знаниях, позволяющих проводить научные исследования и анализировать полученные результаты, развитие умений, позволяющих развивать качественные и количественные физические модели электронных процессов в твердых телах.

Задачей курса является овладение программным материалом, умения решать задачи по соответствующим разделам, умение воспроизводить теоретический материал, умение давать качественное описание теоретических результатов, умение пользоваться теоретическим материалом.

Для успешного изучения дисциплины «Электронные свойства твердых тел» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ПК-1.1. Анализирует способы определения видов и типов

профессиональных задач, структурирования задач различных групп;

- ПК-1.2. Выбирает наиболее эффективные методы решения основных типов задач, встречающихся в физике

- ОПК-2.1. Применяет базовые методы научных исследований физических объектов, систем и процессов.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Системное и критическое мышление	УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;
Научно-исследовательский	ПК-8 Способен использовать физические модели и методы исследований при решении теоретических и прикладных задач	ПК-8.2 Применяет современные физические модели и методы на уровне, необходимом для решения теоретических и прикладных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур;



	ПК-9 Способен использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	ПК-9.2 Использует базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур
--	--	--

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;	Знает значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации
	Умеет использовать теоретические основы информационных процессов преобразования информации
	Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации
ПК-8.2 Применяет современные физические модели и методы на уровне, необходимом для решения теоретических и прикладных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур;	Знает природу атомных и молекулярных спектров; обладать теоретическими знаниями об энергетических состояниях атомов, молекул и переходах между ними
	Умеет анализировать атомные спектры элементов Периодической системы Д.И. Менделеева; определять строение и параметры простых молекул из спектроскопических данных
	Владеет практическими навыками в области атомной и молекулярной спектроскопии, методами решения расчетных задач, связанных с изучением строения молекул и их электронных, колебательных и вращательных спектров, интерпретацией

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	экспериментальных данных в оптической атомной и молекулярной спектроскопии
ПК-9.2 Использует базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур	Знает базовую теорию фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур
	Умеет использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур
	Владеет базовыми теоретическими знаниями фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач, в том числе при проведении измерений параметров наноматериалов и наноструктур