

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Тагирский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Физика конденсированного состояния Б1.В.ДВ.04.02

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

**Автор(ы):** Еремин М.В.

**Рецензент(ы):** Тагиров М.С.

### СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров М. С.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Еремин М.В. (Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии, Отделение радиофизики и информационных систем), Mikhail.Eremin@kpfu.ru

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

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-3	Способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач
ПК-2	Способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики (в соответствии с профилем подготовки) и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

Основные направления современных исследований по физике конденсированного состояния.

Должен уметь:

Уметь применять современные методы анализа магнитных и структурных свойств физики конденсированного состояния

Должен владеть:

Концепцией квазичастичных возбуждений, и современными методами расчета различных физических характеристик

Должен демонстрировать способность и готовность:

Способность проводить анализ температурных зависимостей теплоемкости, намагниченности, проводимости и динамических характеристик. Быть готовым к решению новых актуальных задач.

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.04.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.03 "Радиофизика (Физика магнитных явлений)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 56 часа(ов), в том числе лекции - 28 часа(ов), практические занятия - 28 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 70 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 семестре.

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

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

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема 1. Введение. Концепция					

квазичастичных возбуждений. Методы описания

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Матричные элементы операторов рождения и уничтожения квазичастиц. Бозоны. Фермионы. Числа заполнения.	3	4	4	0	10
3.	Тема 3. Колебания кристаллической решетки. Фононы. Квантовая теория теплоемкости диэлектриков	3	2	4	0	10
4.	Тема 4. Металлы. Приближения сильной и слабой связи.	3	2	2	0	4
5.	Тема 5. Магнитная восприимчивость металлов. Системы с тяжелыми фермионами.	3	4	4	0	5
6.	Тема 6. Температурные зависимости сдвига Найта и времени ядерной релаксации	3	2	2	0	10
7.	Тема 7. Сверхпроводники . Модель БКШ. Метод Боголюбова	3	4	4	0	10
8.	Тема 8. Сверхтекучесть . Квазичастичные возбуждения. Критерий Ландау.	3	4	4	0	10
9.	Тема 9. Модели перехода металл-диэлектрик	3	4	4	0	5
	Итого		28	28	0	70

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение. Концепция квазичастичных возбуждений. Методы описания

Квантование свободного электромагнитного поля. Решение уравнения для векторного потенциала в виде разложения по плоским волнам. Обобщенные координаты и обобщенные импульсы. Представление энергии в виде энергий невзаимодействующих гармонических осцилляторов. Матричные элементы обобщенных координат и импульсов .

### Тема 2. Матричные элементы операторов рождения и уничтожения квазичастиц. Бозоны. Фермионы. Числа заполнения.

Вид операторов в представлении вторичного квантования. Операторы рождения и уничтожения. Симметрия волновых функций относительно перестановки частиц или квантовых чисел. Коммутационные соотношения для бозонных операторов и для операторов фермионного типа.

Примеры расчета матричных элементов. Волновые функции в представлении вторичного квантования.

### Тема 3. Колебания кристаллической решетки. Фононы. Квантовая теория теплоемкости диэлектриков

Одномерная цепочка из разных атомов. Ветви акустических и оптических колебаний. Системы со многими колебания в трехмерных решетках. Фононы . Операторы рождения и уничтожения. Функция распределения по энергиям колебаний. Квантовая теория теплоемкости диэлектриков. Модель Эйнштейна. Температурная зависимость теплоемкости. Теория Дебая.

### Тема 4. Металлы. Приближения сильной и слабой связи.

Одномерная цепочка. Операторы квазичастиц. Закон дисперсии для линейной , двумерной и трехмерной решеток . Зоны Бриллюэна. Метод расчета плотности состояний. Особенности Ван-Хова. Поверхность Ферми . Функция распределения Ферми. Графики функции распределения и её производной. Температурная зависимость теплоемкости.

### Тема 5. Магнитная восприимчивость металлов. Системы с тяжелыми фермионами.

Квантовая теория магнитной восприимчивости металлов. Функция распределения. Модель узкой зоны. Решение уравнения на химический потенциал. Энергия Ферми. Парамагнетизм Паули. Системы с тяжелыми фермионами. Температурные зависимости сдвига Найта и скорости ядерной спин-решеточной релаксации . Закон Корринги.

### Тема 6. Температурные зависимости сдвига Найта и времени ядерной релаксации

Модель узкой зоны. Уравнение на хим. потенциал. Температурная зависимость сдвига Найта и ядерной спин-решеточной релаксации. Квантовая теория магнитной восприимчивости металлов. Функция распределения. Модель узкой зоны. Решение уравнения на химический потенциал. Энергия Ферми. Парамагнетизм Паули. Системы с тяжелыми фермионами. Температурные зависимости сдвига Найта и ядерно спин-решеточной релаксации

#### **Тема 7. Сверхпроводники . Модель БКШ. Метод Боголюбова**

Куперовские пары. Аномальные средние. Уравнение Бардина Купера Шриффера.

Диагонализация модели БКШ методом Боголюбова. Боголюбоны. Типы спаривания. Механизмы спаривания. Высокотемпературные сверхпроводники. Слоистые купраты. Типы носителей. Электронные и дырочные сверхпроводники. Уравнения братьев Лондон. Плотность сверхпроводящего тока.

#### **Тема 8. Сверхтекучесть . Квазичастичные возбуждения. Критерий Ландау.**

Бозе-Эйнштейновская конденсация. Критерий перехода систем в квантовое состояние. Теория теплоемкости. Коллективные возбуждения в гелии. Метод для расчета спектра коллективных возбуждений. Теория Боголюбова. Критерий сверхтекучести Ландау. Ротоны. Конденсация легких атомов. Методы наблюдения конденсации.

#### **Тема 9. Модели перехода металл- диэлектрик**

Сценарии перехода металл-диэлектрик. Сценарий Мотта. Сценарий Пайерлса. Волны зарядовых плотностей. Диагонализация модельного гамильтониана путем решения уравнений движения для квазичастичных операторов. Модель Хаббарда. Фазовая диаграмма высокотемпературных сверхпроводников. Волны спиновых плотностей.

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

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

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

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Положение от 24 декабря 2015 г. № 0.1.1.67-06/265/15 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаленного электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

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

#### **6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения**

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 3</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
1	Устный опрос	ОПК-3	1. Введение. Концепция квазичастичных возбуждений. Методы описания
2	Дискуссия	ПК-2	3. Колебания кристаллической решетки. Фононы. Квантовая теория теплоемкости диэлектриков
3	Научный доклад	ОПК-3	5. Магнитная восприимчивость металлов. Системы с тяжелыми фермионами.
4	Письменное домашнее задание	ПК-2	6. Температурные зависимости сдвига Найта и времени ядерной релаксации
5	Научный доклад	ОПК-3	8. Сверхтекучесть . Квазичастичные возбуждения. Критерий Ландау.
<b>Экзамен</b>			

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 3</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1
Дискуссия	Высокий уровень владения материалом по теме дискуссии. Превосходное умение формулировать свою позицию, отстаивать её в споре, задавать вопросы, обсуждать дискуссионные положения. Высокий уровень этики ведения дискуссии.	Средний уровень владения материалом по теме дискуссии. Хорошее умение формулировать свою позицию, отстаивать её в споре, задавать вопросы, обсуждать дискуссионные положения. Средний уровень этики ведения дискуссии.	Низкий уровень владения материалом по теме дискуссии. Слабое умение формулировать свою позицию, отстаивать её в споре, задавать вопросы, обсуждать дискуссионные положения. Низкий уровень этики ведения дискуссии.	Недостаточный уровень владения материалом по теме дискуссии. Неумение формулировать свою позицию, отстаивать её в споре, задавать вопросы, обсуждать дискуссионные положения. Отсутствие этики ведения дискуссии.	2

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Научный доклад	Тема полностью раскрыта. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом по теме работы. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы и применённые методы соответствуют поставленным задачам.	Тема в основном раскрыта. Продемонстрирован средний уровень владения материалом по теме работы. Используются надлежащие источники. Структура работы и применённые методы в основном соответствуют поставленным задачам.	Тема частично раскрыта. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом по теме работы. Используются источники, структура работы и применённые методы частично соответствуют поставленным задачам.	Тема не раскрыта. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом по теме работы. Используются источники, структура работы и применённые методы не соответствуют поставленным задачам.	3 5
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	4
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

**6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Семестр 3**



## Текущий контроль

### 1. Устный опрос

#### Тема 1

Диэлектрики, металлы, полупроводники. Коллективные колебания. Критерий квантового описания. Квантование свободного электромагнитного поля. Решение уравнения для векторного потенциала в виде разложения по плоским волнам. Обобщенные координаты и обобщенные импульсы. Представление энергии в виде энергий невзаимодействующих гармонических осцилляторов. Матричные элементы обобщенных координат и импульсов.

Вид операторов в представлении вторичного квантования. Операторы рождения и уничтожения. Симметрия волновых функций относительно перестановки частиц или квантовых чисел. Коммутационные соотношения для бозонных операторов и для операторов фермионного типа.

Примеры расчета матричных элементов. Волновые функции в представлении вторичного квантования.

### 2. Дискуссия

#### Тема 3

Теплоемкость твердых тел. Закон Корринги. Пик Хебеля-Сликтера. Одномерная цепочка. Операторы квазичастиц. Закон дисперсии для линейной, двумерной и трехмерной решеток. Зоны Бриллюэна. Метод расчета плотности состояний. Особенности Ван-Хова. Поверхность Ферми. Функция распределения Ферми. Графики функции распределения и её производной. Температурная зависимость теплоемкости.

### 3. Научный доклад

#### Тема 5

Переход металл-диэлектрик. Сценарий Пайерлса. Волны зарядовой плотности.

Модель Хаббарда. Квазичастичные операторы и их свойства.

Одномерная цепочка из разных атомов. Ветви акустических и оптических колебаний. Системы со многими колебаниями в трехмерных решетках. Фононы. Операторы рождения и уничтожения. Функция распределения по энергиям колебаний. Квантовая теория теплоемкости диэлектриков. Модель Эйнштейна. Температурная зависимость теплоемкости. Теория Дебая.

### 4. Письменное домашнее задание

#### Тема 6

Решения уравнений движения для операторов для модельных систем. Волны зарядовых плотностей. Плазмоны, Коллективные колебания в гелии.

Квантовая теория магнитной восприимчивости металлов. Функция распределения. Модель узкой зоны. Решение уравнения на химический потенциал. Энергия Ферми. Парамагнетизм Паули. Системы с тяжелыми фермионами. Температурные зависимости сдвига Найта и скорости ядерной спин-решеточной релаксации. Закон Корринги.

### 5. Научный доклад

#### Тема 8

Сверхпроводники. Куперовская неустойчивость. Модель БКШ. Метод Боголюбова.

Высокотемпературные сверхпроводники и их характеристики. Типы спаривания. Сценарии перехода металл-диэлектрик. Сценарий Мотта. Сценарий Пайерлса. Волны зарядовых плотностей. Диагонализация модельного гамильтониана путем решения уравнений движения для квазичастичных операторов. Модель Хаббарда. Фазовая диаграмма высокотемпературных сверхпроводников. Волны спиновых плотностей.

## Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Магнитная восприимчивость диэлектриков. Обменное взаимодействие. Концепция молекулярного поля.
2. Закон Кюри. Формула Кюри-Вейсса. Ван-Флековские парамагнетики.
3. Приближение сильной связи в теории металлов. Эффективная масса, Энергия Ферми. функция плотности состояний.
4. Магнитная восприимчивость металлов. Сдвиг Найта. Температурная зависимость скорости ядерной релаксации.
5. Квантование бозонного поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов (фононов).
6. Спонтанное и вынужденное излучения.
7. Фононы. Квантовая теория теплоемкости.
8. Переход металл-диэлектрик. Сценарий Пайерлса. Волны зарядовой плотности.
9. Переход металл-диэлектрик по сценарию Хаббарда. Квазичастичные операторы и их свойства.
10. Сверхпроводники. Модель БКШ. Метод Боголюбова.
11. Высокотемпературные сверхпроводники и их характеристики. Типы спаривания.

## 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 3</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	10
Дискуссия	На занятии преподаватель формулирует проблему, не имеющую однозначного решения. Обучающиеся предлагают решения, формулируют свою позицию, задают друг другу вопросы, выдвигают аргументы и контраргументы в режиме дискуссии. Оцениваются владение материалом, способность генерировать свои идеи и давать обоснованную оценку чужим идеям, задавать вопросы и отвечать на вопросы, работать в группе, придерживаться этики ведения дискуссии.	2	10
Научный доклад	Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему и сдают преподавателю в письменном виде. В работе производится обзор материала в определённой тематической области либо предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, изложение материала, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения. В случае публичной защиты оцениваются также ораторские способности.	3	10
		5	10
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	4	10
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Кочелаев, Б.И. Квантовая теория: конспект лекций / Б. И. Кочелаев; Казан. федер. ун-т, Ин-т физики, Каф теорет. физики. -[2-е изд., перераб., доп. и испр.].-Казань: [Казанский университет], 2013.-222 с.
2. Еремин, М.В. Микроскопические модели в конденсированных средах / М.В.Еремин // - Казань, Казанский университет. - 2011. -111 с. [http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin\\_Posobie\\_2011.doc](http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc) . Отредактирован в 2014 году: <http://www.twirpx.com/file/1473991/>
3. Ансельм, А.И. Введение в теорию полупроводников. [Электронный ресурс] : Учебные пособия - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2016. - 624 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/71742/>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Абрагам, А. Электронный парамагнитный резонанс ионов переходных групп , Том.2 [Текст] / А. Абрагам, Б. Блини - М.: Мир, 1973. -349с.

2. Зарипов, М.М. Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса в кристаллах : курс лекций / М. М. Зарипов

Казань : Казанский государственный университет, 2009 . 212 с.

3. Абрикосов, А.А. Основы теории металлов. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2010. - 600 с.

- Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/2093/>

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

Еремин Микроскопические модели в конд. средах -

<http://kpfu.ru/physics/elektronnye-materialy/uchebnye-i-metodicheskie-materialy/metodicheskie-posobiyap://www.twirpx.com/file>

Курс теоретической физики Ландау и Лифшица - <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/111933>

методические пособия - <http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teoreticheskoy-fiziki/metodiches>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Овладеть методом вторичного квантования. Он используется для решения широкого круга задач. Выделить основные модели в теории обменного взаимодействия. Осознать, что основные состояния ионов в кристаллах могут быть качественно угаданы на основе закона Кулона. Обратить внимание на физическую интерпретацию излагаемого материала.
практические занятия	Научиться составлять и решать уравнения движения для операторов рождения и уничтожения квазичастиц в представлении Гейзенберга. Полезно проиллюстрировать механизмы взаимодействий диаграммами. Представить распределение электронных плотностей в виде рисунков с указанием фазы соответствующих волновых функций.
самостоятельная работа	При освоении материала пропущенные вычисления в учебных руководствах желательно провести. Особое внимание обратить на физическое содержание моделей, лежащих в основе теории сверхпроводимости ( модель Купера Бардина Шриффера и моделей перехода металл-диэлектрик. Уметь коротко рассказать основное содержание прочитанного раздела .
устный опрос	Уметь выделить главное в обсуждаемой теме. Метод её решения . Знать базовые экспериментальные данные. Коротко излагать физическое содержание базовых моделей. Знать мотивацию исследований. Ориентироваться в нерешенных задачах. Представлять себе проблемы технических применений и перспективные направления исследований.
дискуссия	Владеть методом вторичного квантования при записи операторов и волновых функций. Уметь составлять и решать уравнения движения для операторов рождения и уничтожения. Уметь вычислять матричные элементы от одно- и двух-частичных операторов. Для расчетов по теории возмущений полезно привлекать диаграммные представления о виртуальных процессах.
научный доклад	При изложении материала продемонстрировать способность воспроизвести вычисления описанные схематично в учебных руководствах. Особое внимание обратить на физическое содержание моделей, лежащих в основе теории сверхпроводимости ( модель Купера Бардина Шриффера и моделей перехода металл-диэлектрик. Уметь коротко рассказать основное содержание прочитанного раздела и ответить на поставленные вопросы.
письменное домашнее задание	Владеть методом вторичного квантования при записи операторов и волновых функций. Уметь составлять и решать уравнения движения для операторов рождения и уничтожения. Уметь вычислять матричные элементы от одно- и двух-частичных операторов. Для расчетов по теории возмущений полезно привлекать диаграммные представления о виртуальных процессах.

Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	Подготовиться к ответам на следующие вопросы : 1. Квантование свободного электромагнитного поля. 2. Операторы рождения и уничтожения фотонов. 3. Спонтанное и вынужденное излучения. 4. Фононы. Одномерная цепочка с двумя атомами в элементарной ячейке. 5. Сверхтекучесть . Критерий Ландау. 6. Метод Боголюбова 7. Металлы. Приближение сильной связи . 8. Задача Купера . Куперовские пары. 9. Модель БКШ. Уравнение на параметр прядка. 10. Метод Боголюбова в теории сверхпроводимости. Боголюбоны. 11. Сценарий Пайерлса. Волны зарядовых плотностей. 12. Модель Хаббарда. Квазичастичные операторы. 13. Критические параметры высокотемпературных сверхпроводников. 14. Модели и механизмы высокотемпературной сверхпроводимости. 15. Диамагнетизм Ландау

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

Освоение дисциплины "Физика конденсированного состояния" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

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

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

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

Освоение дисциплины "Физика конденсированного состояния" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Специализированная лаборатория оснащена оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы по отдельным дисциплинам, а также практик и научно-исследовательской работы обучающихся. Лаборатория рассчитана на одновременную работу обучающихся академической группы либо подгруппы. Занятия проводятся под руководством сотрудника университета, контролирующего выполнение видов учебной работы и соблюдение правил техники безопасности. Качественный и количественный состав оборудования и расходных материалов определяется спецификой образовательных программ.

Специализированная лаборатория оснащена оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы по отдельным дисциплинам, а также практик и научно-исследовательской работы обучающихся. Лаборатория рассчитана на одновременную работу обучающихся академической группы либо подгруппы. Занятия проводятся под руководством сотрудника университета, контролирующего выполнение видов учебной работы и соблюдение правил техники безопасности. Качественный и количественный состав оборудования и расходных материалов определяется спецификой образовательных программ.

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

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

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе Физика магнитных явлений .