

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физика конденсированного состояния**

Кафедра теоретической и вычислительной физики,

**Образовательная программа бакалавриата**

*03.03.02 Физика*

Направление (профили) программы

Фундаментальная физика, Медицинская физика

Форма обучения

очная

Статус дисциплины:

Входит в обязательную часть ОПОП

Рабочая программа дисциплины «Физика конденсированного состояния» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 - «Физика» (уровень бакалавриат) от « 7 » августа 2020г. № 891.

Разработчик: кафедра теоретической и вычислительной физики,  
Абдулвагабов Мизафрудин Шахович, к.ф.-м.н., доцент

**Рабочая программа дисциплины одобрена:** на заседании кафедры теоретической и вычислительной физики 21 марта 2022г., протокол №7.

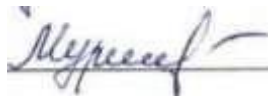
Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «23» марта 2022г., протокол №7

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно- методическим управлением « 31» марта 2022г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» входит обязательную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 - «Физика» и является обязательной для изучения.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой теоретической и вычислительной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением основных методов теоретического описания, расчетами, качественного и количественного анализа динамических систем, общих для любых физических систем, как будущей основы многих специальных дисциплин: физика плазмы, квантовая электродинамика, теория ускорителей, ядерная физика, физика твердого тела, электрических и магнитных измерений.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

общепрофессиональных – ОПК-1;  
 профессиональных – ПК-3, ПК-7.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельную работу.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме контрольной работы и коллоквиума и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					консультации		
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
7	72	52	18	-	34			20	зачет

## 1. Цели освоения дисциплины

Освоение материала данного курса поможет студентам целю воспринять знания, полученные не только по дисциплинам теоретической физики, но и по прикладным дисциплинам. Лекционный курс посвящен изложению основ квантовой теории твердого тела и ставит целью подготовить студента к проведению самостоятельных научно-исследовательских работ по физике конденсированного состояния.

Особое внимание уделяется квантово - механическим основам физики твердого тела, формированию понятия квазичастицы, умению использовать кинетическое уравнение для расчета кинетических коэффициентов низкоразмерных электронных систем, знакомство с элементами нелокальной теории теплопроводности на базе дробного исчисления.

Программа составлена с учетом знаний и навыков, полученных студентами при изучении общих дисциплин по теоретической физике, читаемых на физическом факультете.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина входит обязательную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 - «Физика». Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: квантовая механика, квантовая электродинамика, уравнения математической физики, квантовая статистическая физика. Является основополагающей вместе с такими дисциплинами как: статистическая физика, термодинамика, математический анализ, аналитическая геометрия, дифференциальное и интегральное исчисление, уравнения математической физики, механика, электричество и магнетизм, оптика, теоретическая механика, высшая математика, квантовая механика.

В результате изучения дисциплины специалист должен:

- иметь представления об адиабатическом принципе в конденсированном состоянии;
- овладеть основами расчета энергетического спектра электронной и фононной подсистем;
- знать понятие квазичастицы и особенности энергетического спектра ;
- рассчитать плотности состояний низкоразмерных электронных систем;
- уметь применить кинетическое уравнение для расчета кинетических коэффициентов;
- знать современное состояние нелокальной теории теплопроводности в дробном исчислении.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Выявляет и анализирует проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, основываясь на современной научной картине мира	<p><b>Знает:</b> физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники.</p> <p><b>Умеет:</b> выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта.</p> <p><b>Владет:</b> навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем.</p>	Письменный опрос

	<p>ОПК-1.2. Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Знает:</b> основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности. <b>Умеет:</b> реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности. <b>Владеет:</b> навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности</p>	
	<p>ОПК-1.3. Проводит качественный и количественный анализ выбранного методов решения выявленной проблемы, при необходимости вносит необходимые коррективы.</p>	<p><b>Знает:</b> основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы. <b>Умеет:</b> выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата. <b>Владеет:</b> навыками проводить качественный и количественный анализ методов решения выявленной проблемы, оценивать эффективность выбранного метода.</p>	

ПК-3. Способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по предмету в профессиональной деятельности	ПК-3.1. Использует теоретические и практические знания для постановки и решения педагогических задач в предметной области и в области образования	<p><b>Знает:</b> содержание, сущность, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области; закономерности, определяющие место предмета в общей картине мира; программы и учебники по преподаваемому предмету; основы общетеоретических дисциплин в объеме, необходимом для решения педагогических, научно-методических и организационно-управленческих задач (педагогика, методика преподавания предмета.)</p> <p><b>Умеет:</b> анализировать базовые предметные научно-теоретические представления о сущности, закономерностях, принципах и особенностях изучаемых явлений и процессов.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками понимания и системного анализа базовых научно-теоретических представлений для решения профессиональных задач.</p>	Разноуровневые задачи и задания
	ПК-3.2. Способен соотносить основные этапы развития предметной области с ее актуальными задачами, методами и концептуальными подходами, тенденциями и перспективами ее современного развития		
	ПК-3.3. Способен выделять структурные элементы, входящие в систему познания предметной области, анализировать их в единстве содержания, формы и выполняемых функций		

ПК-7. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики смежных с физикой науках	ПК-7.1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий исследований	<p><b>Знает:</b> теоретические и экспериментальные основы современных методов исследований изучаемых процессов и явлений.</p> <p><b>Умеет:</b> самостоятельно ставить задачу и решать ее; использовать достижения современных информационно-коммуникационных технологий для выполнения экспериментальных и теоретических исследований; анализировать и интерпретировать результаты эксперимента на основе современных теоретических моделей; правильно организовать и планировать эксперимент; правильно применять различные теоретические модели для анализа результатов эксперимента.</p> <p><b>Владеет:</b> основами современных методов экспериментальных исследований в данной области науки; основами теоретических разработок в своей области исследований.</p>	Устный опрос, письменный опрос
	ПК-7.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов		

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы - 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№	С	Неделя	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Самост	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям)



	Раздел дисциплины			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.	семестра)	
								Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
<b>Модуль 1. Электронные состояния.</b>									
1.	Адиабатический принцип Борна-Эренфеста. Состояние электронов в кристаллической решетке. Зоны Бриллюэна.	7		2	4			2	опрос
2.	Примеси и примесные уровни. Дефекты. Статистика носителей заряда.				2	4			2
3.	Неравновесные электроны и дырки. Квазичастицы.			2	4			4	опрос
4.	Рассеяние носителей заряда, проводимость и кинетические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.				4			4	опрос
<b>Итого по модулю 1</b>				10	16			10	коллоквиум
<b>Модуль 2. Оптические свойства.</b>									
1.	Акустические и оптические фононы, плазмоны, экситоны Френкеля и Ванье.			2	10			6	опрос
2.	Конденсация бозонов. Сверхтекучесть. Электрон-фононные взаимодействия. Полярон Фрелиха.			4	8			4	опрос
<b>Итого по модулю 2</b>				8	18			10	коллоквиум
<b>ИТОГО</b>				<b>18</b>	<b>34</b>			<b>20</b>	

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

##### **Модуль 1. Электронные состояния.**

Адиабатический принцип Борна-Эренфеста. Состояние электронов в кристаллической решетке. Зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Примеси и

примесные уровни. Дефекты. Статистика носителей заряда. Неравновесные электроны и дырки. Рассеяние носителей заряда, проводимость и кинетические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников. Квазичастицы.

### **Модуль 2. Оптические свойства.**

Акустические и оптические фононы, плазмоны, экситоны Френкеля и Ванье. Конденсация бозонов. Сверхтекучесть. Электрон-фононные взаимодействия. Полярон Фрелиха. Взаимодействие света с кристаллической решеткой, поляритоны. Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников. Поверхностные состояния электронов. Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью.

### **4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.**

<b>Модуль 1. Электронные состояния.</b>		
<b>Название темы</b>	<b>Содержание темы</b>	<b>Объем в часах</b>
Состояния электронов в кристаллической решетке.	Кристаллические решетки. Уравнение Шредингера для кристалла.	2
	Зоны Бриллюэна, энергетические зоны.	2
Примеси. Дефекты.	Примеси, дефекты в кристаллах.	2
	Уравнение Шредингера для примесных состояний и его решение.	2
Статистика носителей заряда.	Статистика носителей заряда.	2
	Неравновесные электроны и дырки.	2
Кинетические свойства.	Кинетическое уравнение.	2
	Электропроводность.	2
	Кинетические коэффициенты. Времена релаксации.	2
<b>Модуль 2. Оптические свойства.</b>		

Акустические и оптические фононы, плазмоны.	Свойства колебаний решетки.	2
	Плазменные колебания. Оптические колебания в кристаллах.	2
Электрон-фононные взаимодействия.	Фотон-фоннонные переходы	2
	Междузонные переходы	2
Взаимодействия света с кристаллической решеткой.	Макроскопическая теория. Дисперсия и поглощение	6
Состояние электронов в структурах с пониженной размерностью.	Энергетический спектр низкоразмерных электронных систем.	4

## 5. Образовательные технологии

В течение семестра студенты посещают лекции, решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

Для подготовки к занятиям также подготовлен электронный курс лекций, который в скором времени разместят на сайте ДГУ. Данный электронный курс лекция будет способствовать подготовке к сдаче зачета.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

### Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- написание рефератов;

- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- решение некоторых задач с применением компьютера.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Адиабатический принцип Борна Эренфеста.	Теория возмущений с учетом адиабатического принципа Борна-Эренфеста. Уравнения Шредингера для электронной и фононной подсистем. Параметр неадиабатичности.
Кристаллический потенциал. Примесные состояния.	Симметрия кристалла и особенности кристаллического потенциала. Волновая функция для электронной подсистемы и теорема Блоха. Зона Бриллюэна и классификация энергетического спектра металлов, полупроводников и диэлектриков. Уравнение Шредингера для примесного центра. Особенности энергетического спектра Металлов, полупроводников и диэлектриков.
Статистика носителей заряда. Квантовое кинетическое уравнение для металлов, полупроводников. Квазичастицы в конденсированных средах.	Расчет тензора диэлектрической проницаемости на основе кинетического уравнения. Дисперсионное уравнения для спектра коллективных возбуждений. Плазменные волны.
Теория БКШ для сверхпроводимости.	Кинетические уравнения для сверхпроводников в формализме Каданова Бейма.
Оптические свойства конденсированных сред.	Система кинетических уравнений и уравнений электродинамики для конденсированных сред и их решения для конкретных сред. Нормальная и аномальная дисперсия света.
Электронные свойства низкоразмерных электронных систем. Особенности хемосорбции на низкоразмерных электронных системах.	Расчет плотности состояний для электронных подсистем размерно-квантованная пленка, квантовая нить, квантовая точка, графен. Перенормировка энергии атома на низкоразмерных электронных системах.

Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации бакалавра (зачет). При этом проводятся: тестирование, опрос на практических занятиях, заслушиваются доклады, проверка контрольных работ и т.д.

## 7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения

## ДИСЦИПЛИНЫ.

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Выявляет и анализирует проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, основываясь на современной научной картине мира	<p><b>Знает:</b> физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники.</p> <p><b>Умеет:</b> выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем.</p>	Письменный опрос

	<p>ОПК-1.2. Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Знает:</b> основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности. <b>Умеет:</b> реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности. <b>Владеет:</b> навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности</p>	
	<p>ОПК-1.3. Проводит качественный и количественный анализ выбранного методов решения выявленной проблемы, при необходимости вносит необходимые коррективы.</p>	<p><b>Знает:</b> основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы. <b>Умеет:</b> выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата. <b>Владеет:</b> навыками проводить качественный и количественный анализ методов решения выявленной проблемы, оценивать эффективность выбранного метода.</p>	

ПК-3. Способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по предмету в профессиональной деятельности	ПК-3.1. Использует теоретические и практические знания для постановки и решения педагогических задач в предметной области и в области образования	<p><b>Знает:</b> содержание, сущность, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области; закономерности, определяющие место предмета в общей картине мира; программы и учебники по преподаваемому предмету; основы общетеоретических дисциплин в объеме, необходимом для решения педагогических, научно-методических и организационно-управленческих задач (педагогика, методика преподавания предмета.)</p> <p><b>Умеет:</b> анализировать базовые предметные научно-теоретические представления о сущности, закономерностях, принципах и особенностях изучаемых явлений и процессов.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками понимания и системного анализа базовых научно-теоретических представлений для решения профессиональных задач.</p>	Разноуровневые задачи и задания
	ПК-3.2. Способен соотносить основные этапы развития предметной области с ее актуальными задачами, методами и концептуальными подходами, тенденциями и перспективами ее современного развития		
	ПК-3.3. Способен выделять структурные элементы, входящие в систему познания предметной области, анализировать их в единстве содержания, формы и выполняемых функций		

ПК-7. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики смежных с физикой науках	ПК-7.1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий исследований	<p><b>Знает:</b> теоретические и экспериментальные основы современных методов исследований изучаемых процессов и явлений.</p> <p><b>Умеет:</b> самостоятельно ставить задачу и решать ее; использовать достижения современных информационно-коммуникационных технологий для выполнения экспериментальных и теоретических исследований; анализировать и интерпретировать результаты эксперимента на основе современных теоретических моделей; правильно организовать и планировать эксперимент; правильно применять различные теоретические модели для анализа результатов эксперимента.</p> <p><b>Владеет:</b> основами современных методов экспериментальных исследований в данной области науки; основами теоретических разработок в своей области исследований.</p>	Устный опрос, письменный опрос
	ПК-7.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов		

## 7.2. Типовые контрольные задания.

### 7.2.1. Перечень вопросов к зачету.

1. Кристаллическая структура и решетки с базисом.
2. Решетка Бравэ и основные векторы.
3. Примитивная ячейка, ячейка Вигнера - Зейтца и условная решетка.
4. Обратная решетка.
5. Волновая функция свободно движущегося электрона.
6. Уравнение Шредингера для кристалла.



7. Адиабатическое приближение и валентная аппроксимация.
8. Одноэлектронное приближение.
9. Метод Хартри - Фока.
10. Периодический потенциал Теорема Блоха.
11. Зоны Бриллюэна.
12. Энергетические зоны в приближении свободных электронов.
13. Метод сильно связанных электронов.
14. Примеси на дефекты.
15. Элементарная теория примесных состояний. Примесные уровни.
16. Дефекты.
17. Статистика носителей заряда.
18. Тензор массы. Электроны и дырки.
19. Рассеяние носителей заряда
20. Кинетическое уравнение.
21. Электропроводность.
22. Кинетические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.
23. Квазичастицы.
24. Оптические константы.
25. Макроскопическая теория взаимодействия света с твердым телом.
26. Акустические и оптические фононы.
27. Плазмоны. Плазменные колебания.
28. Экситоны Френкеля и Ванье.
29. Конденсация бозонов.
30. Взаимодействия света с кристаллической решеткой.
31. Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.
32. Поверхностные состояния электронов.
33. Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью.

### **7.2.2. Тематика контрольных работ.**

1. Группа симметрии кристаллической решетки.
2. Зоны Бриллюэна для различных кристаллических решеток.
3. Плотность состояний.
4. Электроны в слабом периодическом потенциале.
5. Энергетический спектр электронов в кристалле. Модель Кронига - Пеппи.
6. Уравнение движение в представлении Ванье.
7. Кинетические свойства. Вычисление времени релаксации.
8. Дисперсия и поглощение.
9. Локализованные состояния, связанные с поверхностью.
10. Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью.
11. Статистика Ферми для электронов.

12. Статистика носителей заряда в полупроводнике.

**7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

Лекции

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на лекциях – 15 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 60 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) – 15 баллов.

Практические занятия

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на практических занятиях – 15 баллов,
- выполнение домашних работ – 15 баллов,
- выполнение самостоятельных работ – 20 баллов,
- выполнение контрольных работ – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

**8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

*а) основная литература:*

1. Пайерлс Р. Квантовая теория твердых тел [Текст]: монография / Р. Пайерлс, пер. с англ. А.А. Абрикосова. – М.: издательство иностранной литературы, 1956. – 259 с.;
2. Китель Ч. Квантовая теория твердых тел [Текст] / Ч. Китель, пер. с англ. А.А. Гусева – М.: Наука, 1967. – 491 с.;
3. Займан Дж. Принципы теории твердого тела [Текст] / Дж. Займан, 2-е изд. – М.: Мир, 1974. – 472 с.;
4. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния [Текст] / Ю.В. Петров – М.: Лань, 2013. – 216 с.;
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика [Текст]: Учебное

пособие в 10 т., Статистическая физика. Теория конденсированного состояния / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – Изд.5, испр. 2015. – Т.9. – Ч.2. – 440 с.;

6. Байков Ю.А., Кузнецов В.М. Физика конденсированного состояния [Текст]: учебник для высшей школы / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов – БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 293 с. – ISBN: 9785996322596;

**б) дополнительная литература:**

1. Пайерлс Р. Квантовая теория твердых тел [Электронный ресурс] / Р. Пайерлс. — Электрон. текстовые данные. — Москва-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2002. — 260 с. — 5-93972-205-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17624.html> (12.10.2018)
2. Кащенко А.П. Физика твердого тела. Физика ядра. Ядерные реакции [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям и домашним заданиям по дисциплинам: «Взаимодействие излучения с веществом», «Теоретическая физика», «Физические свойства твердых тел» / А.П. Кащенко, Г.С. Строковский, С.И. Шарапов. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 20 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55674.html> (12.10.2018)
3. Блат Ф. Дж. Теория подвижности электронов в твердых телах [Текст] / Блат. Ф. Дж. – М., Л.: ГИФМЛ, 1963. – 224 с.;
4. Джонс Г. Теория зон бриллюэна и электронные состояния в кристаллах [Текст] / Г. Джонс; пер. с англ., под ред. В. Л. Бонч-Бруевича. – М.: Мир, 1968. – 264 с.;
5. Харрисон У. Псевдопотенциалы в теории металлов [Текст] / У. Харрисон – М.: Мир, 1968. – 367 с.;
6. Каллуэй Дж. Теория энергетической зонной структуры [Текст] / Дж. Каллуэй – М.: Мир, 1969. – 360 с.;
7. Анималу А. Квантовая теория кристаллических твердых тел [Текст] / А. Анималу. – М.: Мир. 1981 г. – 576 с.

**9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>  
Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017 г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека

- онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) договор № 55\_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(доступ продлен до сентября 2019 года).
3. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
  4. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания.
  5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
  6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
  7. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
  8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
  9. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
  - 10.Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
  - 11.<http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
  - 12.<http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
  - 13.**Springer.** Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов;

- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Оптимальным путем освоения дисциплины является посещение всех лекций и семинаров, выполнение предлагаемых заданий в виде задач, тестов и устных вопросов.

На лекциях рекомендуется деятельность студента в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование лекции. На семинарских занятиях деятельность студента заключается в активном обсуждении задач, решенных другими студентами, решении задач самостоятельно, выполнении контрольных заданий. В случае, если студентом пропущено лекционное или семинарское занятие, он может освоить пропущенную тему самостоятельно с опорой на план занятия, рекомендуемую литературу и консультативные рекомендации преподавателя.

В целом рекомендуется регулярно посещать занятия и выполнять текущие задания, что обеспечит достаточный уровень готовности к сдаче зачета.

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

- Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
- Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях факультета.

Технические средства обучения, используемые в учебном процессе для освоения дисциплины:

1. компьютерное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала;
2. пакет плакатов и графиков, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;

3. электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.