

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Основы физики конденсированного состояния**

Кафедра Общей и теоретической физики, физического факультета

**Образовательная программа**  
03.03.02 Физика

Профили подготовки  
фундаментальная физика, медицинская физика

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

Форма обучения  
очная

Статус дисциплины: вариативная, обязательная

Махачкала 2020

Рабочая программа дисциплины «Основы физики конденсированного состояния» составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 - «Физика» (уровень бакалавриат) от « 7 » августа 2014г. № 937.

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

**Рабочая программа дисциплины одобрена:**  
на заседании кафедры общей и теоретической физики от «21» января 2020г.,  
протокол №5.

Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

на заседании Методической комиссии физического факультета

от «28» февраля 2020г., протокол №6

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 26» марта 2020 г. .

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г

## Аннотация рабочей программы дисциплины

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

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой общей и теоретической 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:

общефессиональных – ОПК-1, ОПК-2;

профессиональных – ПК-1.

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 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

| Семе<br>стр | Учебные занятия |                                                |                          |                             |     |                  |                                         | Форма<br>промежуточной<br>аттестации (зачет,<br>дифференцированн<br>ый зачет, экзамен |       |
|-------------|-----------------|------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----|------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|             | в том числе     |                                                |                          |                             |     |                  |                                         |                                                                                       |       |
|             | 72              | Контактная работа обучающихся с преподавателем |                          |                             |     |                  | СРС, в<br>том<br>числе<br>экзамене<br>н |                                                                                       |       |
|             |                 | Всего                                          | из них                   |                             |     |                  |                                         |                                                                                       |       |
|             | Лекции          |                                                | Лабораторн<br>ые занятия | Практиче<br>ские<br>занятия | КСР | консульта<br>ции |                                         |                                                                                       |       |
| 7           | 108             | 50                                             | 18                       | -                           | 32  |                  |                                         | 58                                                                                    | зачет |

## 1. Цели освоения дисциплины

Освоение материала данного курса поможет студентам целно 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 в вариативную 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 компетенции из ФГОС ВО | Наименование компетенции из ФГОС ВО                                                                                                                                                                                                                                                                      | Планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1                      | способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке). | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные законы динамики колебаний решетки и электронные состояния системы;</li> <li>• основные статистические свойства твердых тел;</li> <li>• кинетические и оптические свойства твердых тел;</li> </ul> <p><b>Владеть навыками:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использования основных физических законов и принципов в практических приложениях.</li> </ul>                                           |
| ОПК-2                      | способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.                                               | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• законы и принципы физики конденсированного состояния;</li> <li>• физические явления взаимодействия между электронами;</li> <li>• основные кинетические уравнения твердого тела.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать методы абстракции, физического и математического моделирования для решения конкретных задач в области физики конденсированного состояния.</li> </ul> |
| ПК-1                       | способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных дисциплин.                                                                                                                                                                                                  | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Основные законы физики конденсированного состояния;</li> <li>• Физические явления взаимодействия между электронами и ионами.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                               |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Использовать специализированные знания в области физики конденсированного состояния..</li> </ul> <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>применения основных методов теоретического анализа для решения естественнонаучных задач в области физики конденсированного состояния;</li> </ul> |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

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

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы - 108 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

| № п/п                            | Раздел дисциплины                                                                                       | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) |                      |                      |                       | Самостоят. работа | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)<br>Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  |                                                                                                         |         |                 | Лекции                                                                                 | Практические занятия | Лабораторные занятия | Контроль самост. раб. |                   |                                                                                                             |
| Модуль 1. Электронные состояния. |                                                                                                         |         |                 |                                                                                        |                      |                      |                       |                   |                                                                                                             |
| 1.                               | Адиабатический принцип Борна-Эренфеста. Состояние электронов в кристаллической решетке. Зоны Бриллюэна. | 7       |                 | 2                                                                                      | 2                    |                      |                       | 6                 | опрос                                                                                                       |
| 2.                               | Примеси и примесные уровни. Дефекты. Статистика носителей заряда.                                       |         |                 | 2                                                                                      | 2                    |                      |                       | 4                 | опрос                                                                                                       |

|                                                    |                                                                                                            |  |  |    |    |  |  |    |                    |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|----|----|--|--|----|--------------------|
| 3.                                                 | Неравновесные электроны и дырки. Квазичастицы.                                                             |  |  | 2  | 2  |  |  | 4  | опрос              |
| 4.                                                 | Рассеяние носителей заряда, проводимость и кинетические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников. |  |  |    | 4  |  |  | 6  | опрос              |
| <b>Итого по модулю 1</b>                           |                                                                                                            |  |  | 6  | 10 |  |  | 20 | коллоквиум         |
| <b>Модуль 2. Оптические свойства.</b>              |                                                                                                            |  |  |    |    |  |  |    |                    |
| 1.                                                 | Акустические и оптические фононы, плазмоны, экситоны Френкеля и Ванье.                                     |  |  | 2  | 4  |  |  | 10 | опрос              |
| 2.                                                 | Конденсация бозонов. Сверхтекучесть. Электрон-фононные взаимодействия. Полярон Фрелиха.                    |  |  | 4  | 2  |  |  | 10 | опрос              |
| <b>Итого по модулю 2</b>                           |                                                                                                            |  |  | 6  | 10 |  |  | 20 | коллоквиум         |
| <b>Модуль 3. Оптические свойства диэлектриков.</b> |                                                                                                            |  |  |    |    |  |  |    |                    |
| 1.                                                 | Взаимодействие света с кристаллической решеткой, поляритоны. Оптические свойства диэлектриков,             |  |  | 4  |    |  |  | 10 |                    |
| 2.                                                 | Поверхностные состояния электронов. Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью.           |  |  | 2  | 4  |  |  | 8  | Контрольная работа |
| <b>Итого по модулю 3</b>                           |                                                                                                            |  |  | 6  | 12 |  |  | 18 | зачет              |
| <b>ИТОГО</b>                                       |                                                                                                            |  |  | 18 | 32 |  |  | 58 |                    |

#### 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. Кинематика твердого тела.</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.<br>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<br>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 уравнение 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 | наименование компетенции из | Планируемые результаты обучения | Процедура освоения |
|--------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|
|--------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|

| компетенции из<br>ФГОС ВО | ФГОС                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| ОПК-1                     | <p>способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке).</p> | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные законы динамики колебаний решетки и электронные состояния системы;</li> <li>• основные статистические свойства твердых тел;</li> <li>• кинетические и оптические свойства твердых тел;</li> </ul> <p><b>Владеть навыками:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использования основных физических законов и принципов в практических приложениях.</li> </ul>              | Устный опрос,<br>письменный опрос |
| ОПК-2                     | <p>способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.</p>                                               | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• законы и принципы физики конденсированного состояния;</li> <li>• физические явления взаимодействия между электронами;</li> <li>• основные кинетические уравнения твердого тела.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать методы абстракции, физического и математического моделирования для решения конкретных задач в области физики</li> </ul> | Разноуровневые задачи и задания   |

|      |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                  |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|      |                                                                                                         | конденсированного состояния.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |
| ПК-1 | способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных дисциплин. | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• новейшие достижения науки и техники и существующие проблемы в физике конденсированного состояния.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• объяснить физические наблюдаемые природные и другие явления с помощью законов и методов теоретической физики.</li> </ul> <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• применения основных методов теоретического анализа для решения естественнонаучных задач;</li> <li>• анализа полученных экспериментальных результатов в исследовании процессов, происходящих в микромире, адекватное соответствие результатов той или иной теоретической модели.</li> </ul> | Письменный опрос |

## 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. Прimitivesкая 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 - Пенни.
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. Киттель Ч. Квантовая теория твердых тел [Текст] / Ч. Киттель, 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 02.10.2017г. 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.пф/>. 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.