



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

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Специальный практикум**

Кафедра теоретической и математической физики, физического факультета

**Образовательная программа**

03.04.02 Физика

Профиль подготовки

Теоретическая и математическая физика

Уровень высшего образования

Магистратура

Форма обучения

очная

Статус дисциплины: базовая

Махачкала 2017

Рабочая программа дисциплины составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 – «Физика» (уровень магистратура) от «28» августа 2015г. № 913.

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

**Рабочая программа дисциплины одобрена:**

на заседании кафедры теоретической и математической физики  
от «29» марта 2017г., протокол № 7.

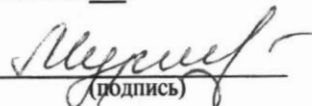
Зав. кафедрой

  
(подпись)

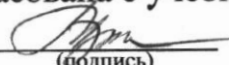
Мусаев Г.М.

на заседании Методической комиссии физического факультета  
от «30» марта 2017г., протокол № 8.

Председатель

  
(подпись)

Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим  
управлением «3» апреля 2017г.   
(подпись) Гасангаджиева А.Г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация рабочей программы дисциплины .....	4
1. Цели освоения дисциплины .....	5
2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры .....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).....	5
4. Объем, структура и содержание дисциплины.....	7
4.1. Объем дисциплины .....	7
4.2. Структура дисциплины.....	7
4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).....	8
5. Образовательные технологии .....	9
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	10
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	12
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. ....	12
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания. ....	13
7.3. Типовые контрольные задания .....	16
7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	18
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины. ....	19
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	20
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	20
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем. ....	21
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....	21

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Специальный практикум» входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 – «Физика» (профиль – Теоретическая и математическая физика).

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой теоретической и математической физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением решеточных моделей в теории твердого тела, допускающих аналитическое решение и их приложения к современным задачам.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

- общекультурных – ОК-3;
- общепрофессиональных – ОПК-6;
- профессиональных – ПК-1.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лабораторные занятия и самостоятельную работу.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме текущий контроль в форме опросов, коллоквиума и промежуточный контроль в форме зачет.

Объем дисциплины 4 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
11	144	-	68	-	-	-	76	зачет

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Специальный практикум» являются изучение решеточных моделей в теории твердого тела, допускающих аналитическое решение и их приложения к современным задачам.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02– «Физика» (профиль – Теоретическая и математическая физика). Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: математический анализ, дифференциальные уравнения, квантовая теория, статистическая физика, квантовая теория твердого тела. Освоение дисциплины позволит в дальнейшем изучать курсы естественнонаучного цикла, спецкурсы по выбору магистра.

В рамках лабораторного практикума используется умение студентов производить расчеты с помощью средств вычислительной техники. Это позволяет существенно приблизить уровень статистической культуры обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности. На этих магистранты приобретают опыт общения с ЭВМ и использования статистических методов обработки результатов наблюдений, что совершенно необходимо для работы в специальных учебных и производственных лабораториях.

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

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-3	готовность саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала.	К Знать: • комплекс знаний умений и жизненный опыт, необходимый для решения задач. Уметь: • использовать и интерпретировать всю сумму жизненных и профессиональных знаний, которые формулируют стандарты общекультурной эрудированности человека в определенной среде. Владеть: • системой знаний, понятий и представлений о человеке как

		представители этнического общества.
ОПК-6	способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• новейшие достижения науки и техники и существующие проблемы в науке.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• грамотно решать практически и теоретически важные, актуальные задачи, в том числе возникающие на стыках различных научных направлений.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками решения и исследования конкретных физических задач с использованием высшей математики и методами теоретической физики.</li> </ul>
ПК-1	способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• физические явления и основные законы природы рассматриваемых задач научных исследований назначений и принципы действия важнейших современных приборов для решений этих задач.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• объяснять наблюдаемые природные явления и решать с помощью информационных технологий;</li> <li>• использовать методы адекватного физического и математического моделирования.</li> </ul> <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использования основных общефизических законов и принципов в важнейших практических приложениях;</li> <li>• применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач;</li> <li>• правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лабораторий;</li> <li>• использования методов физического моделирования в инженерной практике.</li> </ul>

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

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

#### 4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) / Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Трудоемкость	Лекции	Лаб. занятия	Самостоят. работа	
<b>Модуль 1. Периодические потенциалы в одномерном случае.</b>							
1.	Зонная структура одномерного твердого тела, периодический потенциал которого будем рассматривать как суперпозицию потенциальных барьеров ионов.	11	36	-	18	18	опрос
<b>Итого по модулю 1</b>			36	-	18	18	коллоквиум
<b>Модуль 2. Энергетический спектр электронов в кристалле.</b>							
1.	Характерные особенности энергетического спектра электронов в кристалле в одномерной модели периодического потенциала Кронига – Пенни.	11	36	-	18	18	опрос
<b>Итого по модулю 2</b>			36	-	18	18	коллоквиум
<b>Модуль 3. Метод сильной связи (S - уровни).</b>							
1.	Зависимости энергии электронов от волнового вектора в приближении сильной связи для энергии S – зоны в гранецентрированной кубической решетке вдоль главных направлений симметрии.	11	36	-	18	18	опрос

<b>Итого по модулю 3</b>		36	-	18	18	коллоквиум	
<b>Модуль 4. Метод сильной связи (P - уровни).</b>							
1.	Зависимости энергии электронов от волнового вектора в приближении сильной связи для энергий P – зоны в простой кубической решетке.	11	36	-	14	22	опрос
<b>Итого по модулю 4</b>		36	-	14	22	коллоквиум	
<b>ИТОГО</b>		144	-	68	76	зачет	

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

#### **Модуль 1. Периодические потенциалы в одномерном случае.**

Волновые свойства электронов. Уравнения Шредингера для потенциальной ямы. Коэффициент прозрачности барьера. Коэффициент отражения. Периодический потенциал. Теорема Блоха. Граничное условие Борна – Кармана. Плотность уровней.

#### **Модуль 2. Энергетический спектр электронов в кристалле.**

Уравнение Шредингера для кристалла. Энергетический спектр электронов. Одномерная модель периодического потенциала Кронига – Пенни. Секулярное уравнение. Энергетическая щель. Зоны Бриллюэна. Примеры схем расширенных, приведенных и повторяющихся зон в одномерном случае.

#### **Модуль 3. Метод сильной связи (S - уровни).**

Линейные комбинации атомных орбиталей. Применение к зонам, возникающим из S - уровней. Кривые зависимости энергии от волнового вектора. Геометрический структурный фактор. Первая зона Бриллюэна. Точки высокой симметрии и их обозначения. Вырождение уровней.

#### **Модуль 4. Метод сильной связи (P - уровни).**

Линейные комбинации атомных орбиталей. Применение к зонам, возникающим из P - уровней. Общие свойства уровней в приближении сильной связи. Функции Ванье. Другие методы расчета зонной структуры.



### Наименование тем и содержание лабораторных занятий.

Содержание темы	Объем в часах	
<b>Модуль 1. Периодические потенциалы в одномерном случае.</b>		
<p>Исследовать зонную структуру одномерного твердого тела, одномерный периодический потенциал <math>u(x)</math> которого будем рассматривать как суперпозицию потенциальных барьеров <math>\vartheta(x)</math> с шириной <math>a</math>, центры которых находятся в точках <math>x = \pm na</math>, т.е</p> $u(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \vartheta(x - na)$	18	
<b>Модуль 2. Энергетический спектр электронов в кристалле.</b>		
<p>Получить характерные особенности энергетического спектра электронов в кристалле в одномерной модели периодического потенциала Кронига – Пени. Расчеты произвести на ЭВМ. Построить зонную структуру для расширенных, приведенных и повторяющихся зон в одномерном случае.</p>	18	
<b>Модуль 3. Метод сильной связи (S - уровни).</b>		
<p>а) Найти зависимости энергии электронов от волнового вектора в приближении сильной связи для энергий S – зоны в гранецентрированной кубической решетке вдоль главных направлений симметрии.</p>	<p>1. Вдоль <math>\Gamma X</math>  <math>\left(k_y = k_z = 0, k_x = \frac{\mu 2\pi}{a}, 0 \leq \mu \leq 1\right)</math></p>	4
	<p>2. Вдоль <math>\Gamma L</math>  <math>\left(k_x = k_y = k_z = \frac{\mu 2\pi}{a}, 0 \leq \mu \leq 1\right)</math></p>	4
	<p>3. Вдоль <math>\Gamma K</math>  <math>\left(k_z = 0, k_x = k_y = \frac{\mu 2\pi}{a}, 0 \leq \mu \leq 1\right)</math></p>	4
	<p>4. Вдоль <math>\Gamma W</math>  <math>\left(k_z = 0, k_x = \mu \frac{2\pi}{a}, k_y = \frac{1}{2} \mu \frac{2\pi}{a}, 0 \leq \mu \leq 1\right)</math></p>	4
<p>б) Покажите, что на квадратных гранях зоны Бриллюэна производная от <math>\varepsilon</math> по нормали к поверхности обращается в нуль.</p>	2	
<b>Модуль 4. Метод сильной связи (P - уровни).</b>		
<p>Найти зависимости энергии электронов от волнового вектора в приближении сильной связи для энергий P – зоны в простой кубической решетке.</p>	14	

## 5. Образовательные технологии

В течение семестра студенты посещают лекции, решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Аттестация проводится 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.

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;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Классификация решеток Бравэ и кристаллических структур.	Операции симметрии и классификация решеток Бравэ.
	Семь кристаллических систем и 14 решеток Бравэ.
	Кристаллографические точечные группы.
	Обозначения Шенфлиса и международные обозначения.

Электрон в слабом периодическом потенциале.	Теория возмущения и слабые периодические потенциалы.
	Уровни энергий вблизи одной из брэгговских плоскостей.
	Поверхность Ферми и спин – орбитальная связь.
Другие методы расчета зонной структуры.	Метод ячеек.
	Метод присоединенных плоских волн.
	Метод функций Грина.
	Метод ортогонализированных плоских волн.
	Псевдопотенциалы.
Плотность уровней.	Найти зависимости энергии электронов от волнового вектора, в приближении сильной связи для энергий Р – зоны в простой кубической решетке.

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

Студентам представляется раздаточный материал: методическое пособие и литература по выполнению лабораторных работ.

## 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.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОК-3	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• комплекс знаний умений и жизненный опыт, необходимый для решения задач.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать и интерпретировать всю сумму жизненных и профессиональных знаний, которые формулируют стандарты общекультурной эрудированности человека в определенной среде.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• системой знаний, понятий и представлений о человеке как представителя этнического общества.</li> </ul>	Устный опрос
ОПК-6	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• новейшие достижения науки и техники и существующие проблемы в науке.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• грамотно решать практически и теоретически важные, актуальные задачи, в том числе возникающие на стыках различных научных направлений.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками решения и исследования конкретных физических задач с использованием высшей математики и методами теоретической физики.</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос, разноуровневые задачи и задания.
ПК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• физические явления и основные законы природы рассматриваемых задач научных исследований назначений и принципы действия важнейших современных приборов для решений этих задач.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• объяснять наблюдаемые природные явления и решать с помощью информационных</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос, разноуровневые задачи и задания, доклад.

	<p>технологий</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>использовать методы адекватного физического и математического моделирования.</li> </ul> <p>Владеть: навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>использования основных общефизических законов и принципов в важнейших практических приложениях;</li> <li>применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач;</li> <li>правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лабораторий;</li> <li>использования методов физического моделирования в инженерной практике.</li> </ul>	
--	--	--

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

ОК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о формировании стандартов общекультурной эрудированности человека и стереотипах мышления.	Ознакомлен со стандартами общекультурной эрудированности человека и подходами к решению типовых задач.	Показывает знания стандартов общекультурной эрудированности человека и пути решения сопутствующих проблем.	Демонстрирует четкие знания стандартов общекультурной эрудированности человека и готовность использования полученного потенциала.
Базовый	Способен сопоставить, сравнивать степень важности изучаемых теорий.	Может участвовать в обсуждении причин явлений фактов.	Демонстрирует границы применимости различных теорий, уравнений.	Умеет ставить вопросы по теме, корректно и четко отвечать на них.

Продвинутый	Способен углубленному анализу, критическому оцениванию постановки задач.	Способен понимать примеры практического применения формул.	Может на примерах демонстрировать свои знания.	Способен понимать и обсуждать решаемые инновационные задачи.
-------------	--	--	--	--

## ОПК-6

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о современных проблемах и новейших достижениях физики	Ознакомлен с современными проблемами и новейшими достижениями физики и подходами к решению типовых задач.	Показывает знания современных проблем и новейшие достижения физики, и навыки решения и исследования конкретных физических задач.	Демонстрирует успешное владение знаниями современных проблем и новейшие достижения физики. Готовность к пониманию типовых подходов к решению физических задач.
Базовый	Умение применять перспективные методы решения проблемных вопросов, которые могут быть решены при выполнении научно-исследовательской работы.	Может описать те методы, которые наиболее эффективны при решении проблемных вопросов.	Показывает способность оценивать преимущества и недостатки тех или иных методов расчета.	Показывает усовершенствованные подходы к решению задач, используя знания современных проблем и новейшие достижения в этой области.
Продвинутый	Навыки использования знаний современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.	Имеет представление о современных методах, которые используются научных исследований.	Показывает способность непосредственного применения современных методов для успешного решения ряда физических задач.	Имеет навыки применения современных методов для написания научно-исследовательской работы.

ПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о научных достижениях по физике, современных информационных технологиях и современной аппаратуре для ведения научных исследований.	Ознакомлен с современной аппаратурой и новейшими информационными технологиями для ведения научных исследований, и опытом работы отечественных и зарубежных ученых.	Показывает знания современной аппаратуры и новых информационных технологий.	Демонстрирует четкие знания современной аппаратуры и информационных технологий с учетом опыта работы отечественных и зарубежных ученых.
Базовый	Понимание зависимости прогресса в области новых методов решения задач, используя достижения в науке.	Ознакомлен с достижениями в области теоретической физики, которые могут быть использованы при выполнении выпускной работы.	Показывает знания в области применения современных достижений в области физики для выполнения научно-исследовательской работы.	Умеет не только ставить конкретные задачи научных исследований, но и использовать современные методы аналитического расчета.
Продвинутый	Способен анализировать и эффективно применять на практике современные методы исследований, необходимые для выполнения магистерской диссертации.	Имеет представление о том, какие современные методы необходимо использовать для выполнения научных исследований, соответствующих требованиям.	Показывает умение применять на практике основные методы решения задач, научных исследований используя как российский, так и зарубежный опыт	Показывает знание эффективных методов решения задач научно-исследовательского характера и может ими пользоваться.

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### 7.1.1. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.

1. Волновая функция свободно движущегося электрона.
2. Волны де Бройля.
3. Фазовая скорость и дисперсия волн де Бройля.
4. Связь волновых характеристик со скоростью микрочастиц.
5. Уравнение Шредингера для кристалла.
6. Адиабатическое приближение и валентная аппроксимация.
7. Одноэлектронное приближение.
8. Метод Хартри - Фока.
9. Периодический потенциал. Теорема Блоха.
10. Число состояний электронов в энергетической зоне. Граничное условие Борна-Кармана
11. Почти свободные электроны в периодическом потенциальном поле.
12. Импульс и энергия Ферми
13. Плотность состояний.
14. Кристаллическая структура и решетки с базисом.
15. Гексагональная плотноупакованная структура.
16. Решетка Бравэ и основные векторы.
17. Прimitивная ячейка, ячейка Вигнера – Зейтца и условная решетка.
18. Обратная решетка.
19. Обратная решетка как решетка Бравэ.
20. Первая зона Бриллюэна.
21. Обозначения узлов и направлений.
22. Индексы Миллера для плоскостей.
23. Приведенный волновой вектор. Зоны Бриллюэна.
24. Электрон в кристалле - квазичастица.
25. Поверхность Ферми. Построение поверхности Ферми.
26. Особенности Ван Хофа в плотности уровней.
27. Атомные орбитали.
28. Метод сильно связанных электронов.
29. Уравнение Шредингера для одномерной модели периодического потенциала. Модель Кронига – Пенни.
30. Закон дисперсии электронов в одномерном периодическом поле решетки.
31. Функции Ванье.
32. Эффективная масса электрона в кристалле.
33. Скорость электрона в кристалле.



34. Зависимость энергии электрона от волнового вектора у дна энергетической зоны.
35. Зависимость энергии электрона от волнового вектора у потолка энергетической зоны.
36. Метод эффективной массы.
37. Элементарная теория примесных состояний.
38. Метод ячеек.
39. Метод ортогонализированных плоских волн.
40. Метод присоединенных плоских волн.
41. Метод псевдопотенциала.
42. Метод функций Грина.
43. Движение электронов в кристалле под действием внешнего электрического поля.
44. Полупроводники с собственной проводимостью.
45. Нахождение плоскостей в кристаллах по индексам Миллера.

### **7.1.2. Перечень вопросов к зачету.**

1. Волновая функция свободно движущегося электрона.
2. Волны де Бройля.
3. Фазовая скорость и дисперсия волн де Бройля.
4. Связь волновых характеристик со скоростью микрочастиц.
5. Уравнение Шредингера для кристалла.
6. Адиабатическое приближение и валентная аппроксимация.
7. Одноэлектронное приближение.
8. Метод Хартри - Фока.
9. Периодический потенциал. Теорема Блоха.
10. Число состояний электронов в энергетической зоне. Граничное условие Борна-Кармана
11. Почти свободные электроны в периодическом потенциальном поле.
12. Импульс и энергия Ферми
13. Плотность состояний.
14. Кристаллическая структура и решетки с базисом.
15. Гексагональная плотноупакованная структура.
16. Решетка Бравэ и основные векторы.
17. Прimitивная ячейка, ячейка Вигнера – Зейтца и условная решетка.
18. Обратная решетка.
19. Обратная решетка как решетка Бравэ.
20. Первая зона Бриллюэна.
21. Обозначения узлов и направлений.
22. Индексы Миллера для плоскостей.
23. Приведенный волновой вектор. Зоны Бриллюэна.

24. Электрон в кристалле - квазичастица.
25. Поверхность Ферми. Построение поверхности Ферми.
26. Особенности Ван Хофа в плотности уровней.
27. Атомные орбитали.
28. Метод сильно связанных электронов.
29. Уравнение Шредингера для одномерной модели периодического потенциала. Модель Кронига – Пенни.
30. Закон дисперсии электронов в одномерном периодическом поле решетки.
31. Функции Ванье.
32. Эффективная масса электрона в кристалле.
33. Скорость электрона в кристалле.
34. Зависимость энергии электрона от волнового вектора у дна энергетической зоны.
35. Зависимость энергии электрона от волнового вектора у потолка энергетической зоны.
36. Метод эффективной массы.
37. Элементарная теория примесных состояний.
38. Метод ячеек.
39. Метод ортогонализированных плоских волн.
40. Метод присоединенных плоских волн.
41. Метод псевдопотенциала.
42. Метод функций Грина.
43. Движение электронов в кристалле под действием внешнего электрического поля.
44. Полупроводники с собственной проводимостью.
45. Нахождение плоскостей в кристаллах по индексам Миллера.

**7.4. 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:

Лабораторные занятия

- посещение занятий и наличие конспекта – 15 баллов,
- получение допуска к выполнению работы – 20 баллов,
- выполнение работы и отчета к ней – 25 баллов,
- защита лабораторной работы – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

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

«51 и выше» баллов – зачет

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который

- прочно усвоил предусмотренный программой материал;
- правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров;
- показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов
- без ошибок выполнил практическое задание.

Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной и контрольной работы, систематическая активная работа на семинарских занятиях.

Оценка «не зачтено» Выставляется студенту, который не справился с 50% вопросов и заданий билета, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем.

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

### ***а) основная литература:***

1. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела / М.: Мир, 1979. – т. 1. – 400с.;
2. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела / М.: Мир, 1979. – т. 2. – 422с.;
3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела / М., 1978. – 792с.;
4. Займан Дж. Принципы теории твердого тела / М., 1974. – 472 с.;
5. Маделунг О. Физика твердого тела. Локализованные состояния / М.: Наука, 1985. – 184с.;
6. Каллуэй Дж. Теория энергетической зонной структуры / М.: Мир, 1969. – 360с.;
7. Бассани Ф., Парравичини Дж. П. Электронные состояния и оптические переходы в твердых телах / М., 1982. – 392 с.;

**б) дополнительная литература:**

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела / М.: URSS, 2015.– изд-е 4. – 496с. – ISBN 978-5-9710-1474-4;
2. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников / М.: Лань, 2016. – изд-е 4. – 624с. – ISBN 978-5-8114-0762-0;
3. Киреев П.С. Физика полупроводников / М.: Высшая школа, 1975. – изд-е 2. – 584с.;
4. Шалимова К.В. Физика полупроводников / М.: Лань, 2010. – изд-е 4. – 400с. – ISBN 978-5-8114-0922-8;
5. Анималу А. Квантовая теория кристаллических твердых тел / М.: Мир, 1981. – 576с.

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

1. Международная база данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), включая научные обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
6. <http://physweb.ru/db/section/e190500000>
7. Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ <http://lib.mexmat.ru/>
8. Научно-образовательный центр при МИАН <http://www.mi.ras.ru/>

**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,
- описание лабораторных работ.

Оптимальным путем освоения дисциплины является посещение и выполнение всех лабораторных.

На лабораторных занятиях рекомендуется деятельность студента в форме выполнения лабораторной работы, также предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания. Подготовка к лабораторным занятиям включает проработку материалов лекций, рекомендованной учебной литературы.

Перед проведением зачета проводится коллективная аудиторная консультация. 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.**

1. Электронные ресурсы издательства «Лань» <http://e.lanbook.com>  
<http://physweb.ru/db/section/e190500000>;
2. Ресурсы российской электронной библиотеки <http://elibrary.ru/>;
3. Компьютерное оборудование, информационные материалы, имеющиеся на кафедре теоретической и математической физики ДГУ и в библиотеке ДГУ.

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

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

1. компьютерное оборудование;
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.