



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая теория твердого тела

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: вариативная по выбору

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.

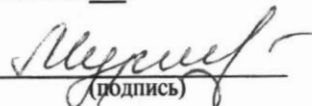
Зав. кафедрой


(подпись)

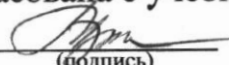
Мусаев Г.М.

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.....	8
4.1. Объем дисциплины	8
4.2. Структура дисциплины	8
4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).....	9
5. Образовательные технологии	10
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	11
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	11
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	11
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.	14
7.3. Типовые контрольные задания	18
7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	23
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.	25
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	25
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	26
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.	27
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	27

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Квантовая теория твердого тела» входит в вариативную часть образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 – «Физика» (профиль – Теоретическая и математическая физика), и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой теоретической и математической физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением двумерных решеточных моделей в статистической физике, 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, ПК-2, ПК-5, ПК-6, 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 текущий контроль в форме опросов и контрольной работы и промежуточный контроль в форме экзамена.

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			
9	72	8	-	10	-	-	54	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Квантовая теория твердого тела» являются изучение двумерных решеточных моделей в статистической физике, допускающих аналитическое решение и их приложения к современным задачам.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина входит в вариативную часть образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 – «Физика» (профиль – Теоретическая и математическая физика) и является дисциплиной по выбору.

Студенты, проходящие специализацию по кафедре теоретической и математической физики должны иметь базовые знания о точно решаемых методах в теоретической физике. Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: математический анализ, дифференциальные уравнения, дифференциальная геометрия и топология, электродинамика и квантовая теория, статистическая физика. Освоение дисциплины позволит в дальнейшем изучать курсы естественнонаучного цикла, спецкурсы по выбору студента. Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области квантовой механики, статистической физики, теории поля, классической электродинамики для решения конкретных точно решаемых задач статистической физики.

Данная дисциплина является одной из основных в подготовке студентов по направлению «Физика» и по профилю «Теоретическая и математическая физика».

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 к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала.	Знать: <ul style="list-style-type: none">• комплекс знаний умений и жизненный опыт, необходимый для решения задач. Уметь: <ul style="list-style-type: none">• использовать и интерпретировать всю сумму жизненных и профессиональных знаний, которые формулируют стандарты

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

ПК-2	<p>способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • физические явления и основные законы природы для решения научно-инновационных задач. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • применять результаты научных исследований в инновационной деятельности. <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использования основных общезначимых законов и принципов в инновационной деятельности; • применения основных методов физико-математического анализа для решения научно-инновационных задач.
ПК-5	<p>способность использовать навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • хорошо изучаемый материал; • новейшие достижения науки и техники в исследуемой области. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать компьютерные технологии; • строить программные модели обработки информации, графики, таблицы.
ПК-6	<p>способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • новейшие достижения науки и техники и существующие проблемы в науке. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • излагать дисциплину, сопровождая содержательными физическими примерами, поясняющими общетеоретические положения и прививающие студентам необходимые практические навыки; • достаточно свободно владеть методами теоретической физики; • слушать мнения, научные идеи студентов младших курсов. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • организаторскими способностями, общения и привлечения к научно-исследовательской деятельности.

ПК-7	<p>способность методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> хорошо излагаемую дисциплину по учебным разделам. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> внимательно слушать и писать лекции; активно участвовать на практических и семинарских занятиях; строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин; грамотно излагать публично теоретические и практические разделы учебных дисциплин. <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> выделять из учебных дисциплин наиболее важные разделы.
------	---	--

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	Практич. занятия	Самостоят. работа	
Модуль 1. Теория проводимости металлов. Периодические структуры.							
1.	Теория проводимости металлов. Основные предположения модели. Столкновения и времена	9	18	2	2	14	опрос

	релаксации. Статистическая электропроводность. Высокочастотная теплопроводность.						
2.	Трансляционная симметрия. Периодические функции. Кристаллические решетки. Решетка Бравэ. Примитивная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтда. Теорема Блоха.		18	2	2	14	опрос
Итого по модулю 1			36	4	4	28	
Модуль 2. Обратная решетка. Электронные состояния.							
1.	Обратная решетка как решетка Бравэ. Привидение к зоне Бриллюэна. Граничные условия. Подсчет состояний. Колебания решетки. Свойства колебаний решетки. Удельная теплоемкость решетки.	9	16	2	2	12	опрос
2.	Свободные электроны. Образование энергетических зон. Дифракция валентных электронов. Модель почти свободных электронов. Метод сильной связи.		20	2	4	14	опрос
Итого по модулю 2			36	4	6	26	зачет
ИТОГО			72	8	10	54	

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

Модуль 1. Теория проводимости металлов. Периодические структуры. Основные предположения модели. Столкновения и времена релаксации. Статистическая электропроводность. Высокочастотная теплопроводность. Теплопроводность. Трансляционная симметрия. Периодические функции. Кристаллические решетки. Решетка Бравэ. Примитивная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтда. Теорема Блоха.

Модуль 2. Обратная решетка. Электронные состояния. Обратная решетка как решетка Бравэ. Привидение к зоне Бриллюэна. Граничные условия. Подсчет состояний. Колебания решетки. Свойства колебаний решетки. Удельная теплоемкость решетки. Свободные электроны. Образование

энергетических зон. Дифракция валентных электронов. Модель почти свободных электронов. Метод сильной связи.

Наименование тем и содержание практических занятий.

<i>Модуль 1. Теория проводимости металлов. Периодические структуры.</i>		
<i>Название темы</i>	<i>Содержание темы</i>	<i>Объем в часах</i>
Статистическая и высокочастотная электропроводности металла.	Теория Друде. Статистическая электропроводность металла. Столкновения и времена релаксации. Высокочастотная электропроводность.	2
Кристаллические решетки.	Решетка Бравэ и основные векторы. Кубические решетки. Примитивная ячейка. Ячейки Вигнера – Зейтца и условная решетка.	2
<i>Модуль 2. Обратная решетка. Электронные состояния.</i>		
Удельная теплоемкость решетки.	Колебания решетки. Удельная теплоемкость решетки. Температура Дебая. Закон Дюлонга и Пти. Модель Эйнштейна.	2
Уровни электрона в периодическом потенциале.	Периодический потенциал и теорема Блоха. Электроны в слабом периодическом потенциале.	2
	Метод сильной связи.	2

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;
- 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
Теория проводимости металлов.	Основные предположения модели. Столкновения и времена релаксации. Теплопроводность.
Кристаллические решетки.	Трансляционная симметрия. Периодические функции. Кристаллические решетки. Простая, объемно-центрированная и гранецентрированная кубические решетки кубические решетки.
Обратная решетка.	Определения и примеры. Первая зона Бриллюэна. Атомные плоскости и индексы Миллера. Колебания решетки. Свойства колебаний решетки.
Теория энергетических зон электронов.	Образование энергетических зон. Свободные электроны. Дифракция валентных электронов. Модель почти свободных электронов.

Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации магистранта (экзамен). 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.

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

	<p>важнейших практических приложениях;</p> <ul style="list-style-type: none"> • применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; • правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лабораторий; • использования методов физического моделирования в инженерной практике. 	
ПК-2	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • физические явления и основные законы природы для решения научно-инновационных задач. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • применять результаты научных исследований в инновационной деятельности. <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использования основных общефизических законов и принципов в инновационной деятельности; • применения основных методов физико-математического анализа для решения научно-инновационных задач. 	<p>письменный опрос, доклад, мини-конференция.</p>
ПК-5	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • хорошо изучаемый материал; • новейшие достижения науки и техники в исследуемой области. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать компьютерные технологии • строить программные модели обработки информации, графики, таблицы. 	<p>Расчетно-графическая работа.</p>
ПК-6	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • новейшие достижения науки и техники и существующие проблемы в науке. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • излагать дисциплину, сопровождая содержательными физическими примерами, поясняющими общетеоретические положения и прививающие студентам необходимые практические навыки; • достаточно свободно владеть методами теоретической физики; • слушать мнения, научные идеи студентов младших курсов. 	<p>Доклад, сообщение.</p>

	Владеть: <ul style="list-style-type: none"> • организаторскими способностями, общения и привлечения к научно-исследовательской деятельности. 	
ПК-7	Знать: <ul style="list-style-type: none"> • хорошо излагаемую дисциплину по учебным разделам. Уметь: <ul style="list-style-type: none"> • внимательно слушать и писать лекции; • активно участвовать на практических и семинарских занятиях; • строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин; • грамотно излагать публично теоретические и практические разделы учебных дисциплин. Владеть навыками: <ul style="list-style-type: none"> • выделять из учебных дисциплин наиболее важные разделы. 	Устный опрос, письменный опрос.

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.

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.

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.

ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знать физические явления и основные законы природы для решения научно-инновационных задач.	Способен использовать основные общефизические законы и принципы для решения научно-инновационных задач.	Показывает знания общефизических законов и принципов для решения научно-инновационных задач.	Демонстрирует четкие знания физических законов природы для решения научно-инновационных задач и применение этих научных исследований в инновационной деятельности.

ПК-5

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность использовать навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представления о новейших достижениях науки и техники в исследуемой области.	Имеет навыки составления научно-технической документации и оформления научных отчетов, обзоров, докладов и статей.	Показывает знания и навыки составления и оформления научно-технической документации и оформления научных отчетов, обзоров, докладов и статей.	Демонстрирует четкие знания и навыки составления и оформления научно-технической документации и оформления научных отчетов, обзоров, докладов и статей.

ПК-6

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность руководить научно-исследовательской деятельностью обучающихся младших курсов в области физики».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представления о новейших достижениях науки и техники в исследуемой области.	Может излагать изучаемую дисциплину, сопровождая примерами, поясняющими общетеоретические положения и прививающие студентам необходимые практические навыки. Слушает мнения и научные идеи студентов младших курсов.	Способен излагать изучаемую дисциплину сопровождая примерами, поясняющими общетеоретические положения и прививающие студентам необходимые практические навыки.	Демонстрирует четкие знания излагаемой дисциплины, сопровождая примерами, поясняющими общетеоретические положения и прививающие студентам необходимые практические навыки. Достаточно свободно владеет методами теоретической физики.

ПК-7

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Умеет грамотно строить планы лекционных и практических занятий и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин.	Может методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий.	Показывает умение строить планы лекционных и практических занятий и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин.	Демонстрирует успешное планирование лекционных и практических занятий и успешно излагает теоретические и практические разделы учебных дисциплин.

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

7.3. Типовые контрольные задания

7.3.1. Перечень примерных контрольных тестов для текущего и итогового контроля подготовленности студентов по курсу.

1. Приближение почти свободных электронов дает более или менее удовлетворительной результат зонной структуры для:

- 1) полупроводников ,
- 2) диэлектриков,
- 3) для аморфных проводников,
- 4) металлов.

2. Блоховская функция имеет вид:

1) $\psi_k(r) = U_k(r)e^{ikr}$, 2) $\psi(r) = c_n e^{ikr}$, 3) $\psi(r) = \sum (c_n + 1)e^{ikr}$, 4) $\psi(r) = U_k(r) \sin kr$.

3. Решетка Бравэ образованна всеми точками с радиусами- векторами \vec{R} вида $\vec{R} = n_1 \vec{a}_1 + n_2 \vec{a}_2 + n_3 \vec{a}_3$, где $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3$ - любые три вектора, не лежащие все в одной плоскости, а n_1, n_2, n_3 -

- 1) все возможные четные числа
- 2) все возможные целые числа
- 3) сумма n_i обязательно четная
- 4) все возможные нечетные числа.

4. Какие из энергетических зонных структур нарисованы для полупроводников и диэлектриков?



5. Сколько разрешенных состояний в k пространстве на единицу объема.

1) $\left(\frac{k^2}{2\pi}\right)$, 2) $\left(\frac{k_x + k_y + k_z}{2\pi}\right)$, 3) $\left(\frac{k}{2\pi}\right)^3$, 4) $\left(\frac{2\pi}{k^3}\right)$.

6. Для одномерной решетки с переходом от значения волнового вектора в произвольной точке задаются выражением:

1) $k = \frac{\pi}{d} + \frac{2\pi}{d}n$, $n = 0, \pm 1, \pm 2$. 3) $k = \frac{d}{2\pi}$.

$$2) k = \frac{\pi}{d}(n+1), \quad n = 0, \pm 1, \pm 2.$$

$$4) k = \frac{d}{2\pi} + \frac{d}{2\pi}n, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2.$$

7. В одномерной решетке с периодом d границы зон соответствуют следующим значениям волнового вектора k .

$$1) k = \frac{\pi}{d}$$

$$3) k = \pm \frac{\pi}{d}, \quad \pm \frac{2\pi}{d} \dots\dots$$

$$2) k = \frac{\pi}{d} + d$$

$$4) k = \pm \frac{d}{\pi}, \quad \pm \frac{2d}{\pi} \dots\dots$$

8. Среднее расстояние между соседними уровнями энергии в разрешенной зоне с параметром решетки $a = 0,4 \text{ нм}$, в кристалле с объемом $n = 1 \text{ см}^3$, при ширине зоны 1 эВ :

$$1) \Delta E = 10^6 \text{ эВ}, \quad 2) \Delta E = 1 \text{ мэВ}, \quad 3) \Delta E = 10^{-22} \text{ эВ}, \quad 4) \Delta E = 10^{-25} \text{ эВ}.$$

9. Положение уровня Ферми в полупроводнике n - типа проходит:

- 1) по зоне проводимости
- 2) выше зоны проводимости
- 3) ниже середины запрещенной зоны
- 4) выше середины запрещенной зоны.

10. Для обозначения плоскостей гексагональных кристаллов пользуется четырехосной системой координат. Каждая плотность обозначается четырьмя индексами.

- а) дополнительный индекс i ставится на 2-м месте и вычисляется через h и k : $i = (h+k)$
- б) дополнительный индекс i ставится на 1-м месте и вычисляется через k и l : $i = -(k+l)$
- в) дополнительный индекс i ставится на 3-м месте и вычисляется через h и l : $i = h-l$
- г) дополнительный индекс i ставится на 1-м месте и вычисляется через k и h : $i = -(h+k)$.

11. Для гексагональных кристаллов плотность базиса параллельная осям α_1 , α_2 , α_3 имеет индексы.

$$а) (0 \ 0 \ 0 \ 1), \quad б) (0 \ 1 \ 0 \ 0), \quad в) (1 \ 0 \ 0 \ 1), \quad г) (1 \ 1 \ 0 \ 0).$$

12. Плоскости отсекают на осях отрезки $A=1/2$, $B=2$, $C=1/3$. Плоскость обозначают так:

$$а) (4 \ 6 \ 1), \quad б) (1 \ 6 \ 4), \quad в) (4 \ 1 \ 6), \quad г) (6 \ 4 \ 1).$$

13. Плоскости, параллельные базовым граням призмы, имеют индексы типа:

а) $(1\ 1\ 0\ 0)$, б) $(1\ 0\ \bar{1}\ 0)$, в) $(\bar{1}\ 0\ 1\ 0)$, г) $(1\ 0\ 0\ \bar{1})$.

14. Каждый энергетический уровень, не вырожденной в изолированном атоме, расщепляется на:

а) $2N$, б) $(N+1)$, в) $2(N+1)$, г) N .

близко расположенных друг от друга подуровней, образующих энергетическую зону.

15. Если энергетический уровень имел в атоме $(2\ell + 1)$ - кратное вырождение, то соответствующая ему энергетическая зона будет состоять из:

а) $2N(1+1)$, б) $2N$, в) $1(N+1)$, г) $N(2\ell+1)$ подуровней.

16. С увеличением энергии электроны в атоме:

а) ширина разрешенных зон увеличивается, ширина запрещенных зон - уменьшается.

б) ширина разрешенной зон остается неизменной, ширина запрещенной зоны - уменьшается.

в) ширина разрешенных зон и ширина запрещенных зон остается постоянной.

г) ширина разрешенных зон уменьшается, ширина запрещенных зон - увеличивается.

17. В методе сильной связи получаем зонную структуру соответствующей S-зоны:

а) $E(\kappa) = E_s + \frac{\beta + \sum \gamma(R)e^{i\bar{k}\bar{R}}}{1 + \sum \alpha(R)e^{i\bar{k}\bar{R}}}$, б) $E(\kappa) = E_s - \frac{\beta + \sum \gamma(R)e^{i\bar{k}\bar{R}}}{1 + \sum \alpha(R)e^{i\bar{k}\bar{R}}}$,

в) $E(k) = E_s + \beta + \sum \alpha(R)e^{i\bar{k}\bar{R}}$, г) $E(\kappa) = \frac{E_s + \beta - \sum \gamma(R)e^{i\bar{k}\bar{R}}}{1 + \sum \alpha(R)e^{i\bar{k}\bar{R}}}$.

18. В методе сильной связи зонная структура соответствующей S-зоны в случае г.ц.к.

а) $E(k) = E_s - \beta - 4\gamma \left(\cos \frac{1}{2} k_x a \cos \frac{1}{2} k_y a + \cos \frac{1}{2} k_y a \cos \frac{1}{2} k_z a + \cos \frac{1}{2} \cos k_z a \cos \frac{1}{2} k_x a \right)$,

б) $E(k) = E_s - \beta - 4\gamma \left(\cos \frac{1}{2} k_x a + \cos \frac{1}{2} k_y a + \cos \frac{1}{2} k_z a \right)$,

в) $E(k) = E_s - \beta - 4\gamma(\cos k_x a + \cos k_y a + \cos k_z a)$.

г) $E(k) = E_s + \beta + 12\gamma(\cos k_x a + \cos k_y a + \cos k_z a)$.

19. Ортогонализованная плоская волна Φ_k имеет вид:

а) $\Phi_k = \sum_c b_c \psi_k^c(k)$, б) $\Phi_k = U_k(r) e^{i\vec{k}\vec{R}}$, в) $\Phi_k = \sum_c b_c \psi_k^c(k) + U(r) e^{i\vec{k}\vec{R}}$,

г) $\Phi_k = e^{i\vec{k}\vec{R}} + \sum_c b_c \psi_k^c(r)$.

20. Псевдопотенциал определяется как:

- а) сумма реального периодического потенциала U и величины V^R ,
- б) сумма реального периодического потенциала U .
- в) сумма реального кристаллического потенциала.
- г) сумма функций Ванье.

21. Для расчета зон с использованием МТ-потенциала широко применяются:

- а) два метода (метод присоединенных плоских волн и метод ККР),
- б) только метод ККР,
- в) только метод присоединенных плоских волн,
- г) методы ОПВ и ППВ.

22. МТ - потенциал совпадает:

- а) с потенциалом свободного атома,
- б) с потенциалом изолированного иона,
- в) в Кулоновском потенциалом,
- г) с псевдопотенциалом.

23. Геометрический структурный фактор имеет вид:

а) $S_k = \beta + \sum_{j=1}^n e^{i\vec{k}\vec{R}_j}$, б) $S_k = \beta + \sum_{j=1}^n e^{i\vec{k}(\vec{r} + \vec{R}_j)}$, в) $S_k = \sum_{j=1}^n e^{i\vec{k}\vec{d}_j}$ г) $S_k = \sum_{j=1}^n e^{i\vec{k}\vec{R}_j}$.

24. Первая зона Бриллюэна есть совокупность точек:

- а) в k – пространстве, которых логично достичь из начальной точки, не пересекая ни одной брэгговской плоскости,
- б) в k – пространстве, которых можно достичь, пересекая всего одну брэгговскую плоскость,
- в) в k – пространстве, удовлетворяющая условию периодичности, которых можно достичь из начальной точки,
- г) в k – пространстве, которых можно достичь из начальной точки путем трансляции вектора $V\vec{R}$.

25. Особенности Ван-Хова называют, когда в формуле

$$g_n(\varepsilon) = \int_{S_n(\varepsilon)} \frac{ds}{4\pi^3} \frac{1}{|\nabla \varepsilon_n(k)|}$$

плотности уровней:

- а) интеграл имеет максимальное значение,
- б) в каждой элементарной ячейке $g_n(\varepsilon)$ имеет минимальное значение,
- в) в каждой ячейке $g_n(\varepsilon)$ имеет постоянное значение,
- г) когда градиент ε_n обращается в нуль, в подынтегральном выражении.

26. В k – пространстве каждой частично заполненной зоне соответствует поверхность, называя поверхность Ферми:

- а) отделяющая занятые уровни от незанятых,
- б) поверхность примыкающая к свободной зоне,
- в) поверхность с максимальной энергией электронов
- г) поверхность, образуемая в заполненной зоне.

27. Координационным числом называется – это:

- а) общее число соседей в ячейке Вигнера - Зейтца,
- б) число атомов в элементарной ячейке,
- в) число решеток Бравэ в примитивной ячейке,
- г) число ближайших соседей в решетке Бравэ.

Таблица ответов к тестам.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4	1	2	3	3	1	3	3	4	4	4	1	3	4
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
4	1	2	1	1	1	1	2	3	4	4	1	4	

7.3.2. Перечень вопросов к зачету:

1. Основные предположения модели Друде.
2. Статистическая электропроводность.
3. Столкновения и времена релаксации.
4. Высокочастотная электропроводность металлов.
5. Теплопроводность металла.
6. Решетка Бравэ и основные векторы.
7. Примитивная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца.
8. Обратная решетка.
9. Обратная решетка как решетка Бравэ.

10. Первая зона Бриллюэна.
11. Теорема Блоха.
12. Модель почти свободных электронов.
13. Метод сильной связи.
14. Граничное состояние Борна – Кармана.
15. Подсчет состояний.
16. Поверхность Ферми.
17. Плотность уровней.
18. Свойства колебаний решетки.
19. Удельная теплоемкость решетки.
20. Температура Дебая.
21. Закон Дюлонга – Пти.
22. Модель Эйнштейна.

7.3.3. Тематика контрольных работ.

1. Определение плотности состояний из спектральной зависимости коэффициента поглощения.
2. Спектроскопия локализованных состояний.
3. Энергетическая зонная структура р-зоны с сильной связью в кубических кристаллах.
4. Метод Гриновских функций Корринги Кона и Ростокера(К.К.Р).
5. Свойства волновых функций валентных зон.
6. Комбинированные методы расчета зонной структуры полупроводников.
7. Зависимость энергии электронов вдоль главных направлений симметрии в приближении сильной связи для энергий s-зоны в г.ц.к. кристалле.
8. Плотность уровней.
9. Периодические потенциалы в одномерном случае.
10. Электроны в слабом периодическом потенциале.

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:

Лекции

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на лекциях – 15 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 60 баллов,

- и др. (выполнение домашних работ, 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.

Критерии оценок на экзаменах

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры. Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности.
- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.
- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.
- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- **60 баллов** - студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.
- **50 баллов** - в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- **40 баллов** - ответ студента правилен лишь частично, при разьяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно
- «66 - 85» баллов – хорошо
- «86 - 100» баллов – отлично
- «51 и выше» баллов – зачет

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

а) основная литература:

1. Пайерлс Р. Квантовая теория твердых тел / М.: Книга по Требованию, 2012. – 260 с.;
2. Анималу, Александр О. Е. Квантовая теория кристаллических твердых тел / А. Анималу; Пер. с англ. Е. Л. Ивченко, А. Л. Эфроса. – Москва: Мир, 1981 . – 574 с.;
3. Ашкрофт Н., Мермин Н., «Физика твердого тела» / М., 1979г.;
4. Киттель Ч., «Введение в физику твердого тела» / М., 1978г.;
5. Займан Дж. «Принципы теории твердого тела» / М.,1974г.;
6. О.Маделунг. Физика твердого тела. Локализованные состояния / М.:”Наука” 1985г.;
7. Каллуэй Дж. «Теория энергетической зонной структуры» / М.: Мир, 1969г.;
8. Бассани, Дж. Пастори Парравичини. «Электронные состояния и оптические переходы в твердых телах» / М., 1882г.

б) дополнительная литература:

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. «Физика твердого тела» / М.: Высшая школа, 2000г.;
2. Ансельм А.И. «Введение в теорию полупроводников» / М.: Наука 1978г.;

3. Брич- Бруевич В.Л, Калашников С.Т. «Физика полупроводников», М., 1977г.;
4. Киреев П.С. «Физика полупроводников» / М.: Высшая школа, 1975г.;
5. Шалимова К.В. «Физика полупроводников» / М.: Энергоавтомиздат,
6. Харрисон У. Теория твердого тела / М.:”Мир”,1972г.

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, включая научные обзоры журнала Успехи физических наук 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,
- 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.

Перед проведением экзамена проводится коллективная аудиторная консультация, на которой даются советы по подготовке к экзамену. В целом рекомендуется регулярно посещать занятия и выполнять текущие задания, что обеспечит достаточный уровень готовности к сдаче экзамена.

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.
- Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ <http://lib.mexmat.ru/>
- Научно-образовательный центр при МИАН <http://www.mi.ras.ru/>.

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.