

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ТГПУ)

УТВЕРЖДАЮ

Декан физико-математического факультета

**Е.Г. Пьяных**
« _____ » 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б.1.В.10

**КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА**

ТРУДОЕМКОСТЬ (В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ) – 5

Направление подготовки: 44.04.01 Педагогическое образование

Направленность (профиль) подготовки: Физическое образование

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

1. Цели изучения учебной дисциплины.

Целью дисциплины «Квантовая теория конденсированного состояния вещества» является изучение микроскопической теории конденсированного состояния вещества, главным образом, твердого тела.

Магистранты должны усвоить основные законы и методы квантовой теории и теоретической механики и уметь применять их для решения конкретных задач физики твердого тела. Курс опирается на полученные ранее знания по математике (математический анализ, методы математической физики, теорию вероятностей) и физике (классическая и нерелятивистская квантовая механика, электродинамика, механика сплошной среды, статистическая физика).

Задачи изучения данной дисциплины: -выработка у магистрантов компетенций и навыков практического использования аппарата физики конденсированного состояния в различных физических ситуациях; -демонстрация эффективности применения общих математических методов к решению конкретных физических проблем.

2. Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы.

Данная учебная дисциплина входит в состав профессионального цикла ФГОС ВО по направлению 44.04.01 Педагогическое образование.

Для изучения дисциплины необходимы знания, умения и владения (компетенции), сформированные у бакалавров в результате освоения дисциплин - «Физика конденсированного состояния» и «Теоретическая физика».

Знания, полученные при изучении курса, используются при изучении дисциплины «Квантовая теория излучения».

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП.

В процессе изучения дисциплины «Квантовая теория конденсированного состояния вещества» магистрант должен:

- **знать** основные понятия этого предмета, понимать содержание фундаментальных законов и основных моделей физики конденсированного состояния;
- **уметь** формулировать основные определения предмета, использовать уравнения физики конденсированного состояния для конкретных физических ситуаций, проводить необходимые математические преобразования, объяснять содержание фундаментальных принципов и законов, а также способы решения задач;
- **обладать навыками** применения физики конденсированного состояния к решению конкретных задач.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.

Выпускник должен обладать следующими **общекультурными компетенциями (ОК)**:

- способностью формировать ресурсно-информационные базы для решения профессиональных задач (ОК-4);
- способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ОК-5);

Выпускник должен обладать следующими **профессиональными компетенциями (ПК)**

общепрофессиональными (ОПК):

- готовностью осуществлять профессиональную коммуникацию на государственном (русском) и иностранном языках (ОПК-1);

профессиональными (ПК):

- способностью применять современные методики и технологии организации и реализации образовательного процесса на различных образовательных ступенях в различных образовательных учреждениях (ПК-1);
- готовностью использовать современные технологии диагностики и оценивания качества образовательного процесса (ПК-2);
- способностью руководить исследовательской работой обучающихся (ПК-4);
- готовностью к систематизации, обобщению и распространению методического опыта (отечественного и зарубежного) в профессиональной области (ПК-9);
- способностью проектировать формы и методы контроля качества образования (ПК-15).

4. Общая трудоемкость дисциплины – 5 зачетных единиц и виды учебной работы.

Вид учебной работы	Трудоемкость (в соответствии с учебным планом) (час)	Распределение по семестрам (в соответствии с учебным планом) (час)
	Всего 180	1
Аудиторные занятия	32 (в т.ч. в интерак. форме - 16)	32 (в т.ч. в интерак. форме - 16)
Лекции	16	16
Практические занятия	16	16
Семинары	-	-
Лабораторные работы	-	-
Другие виды аудиторных работ	-	-
Другие виды работ	-	-
Самостоятельная работа	121	121
Курсовой проект (работа)	-	-
Расчетно-графические работы	-	-
Формы текущего контроля	-	Решение задач, опрос
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом	27	Экзамен

5. Содержание программы учебной дисциплины

5.1. Содержание учебной дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (темы)	Аудиторные часы					Самост. работа
		Всего	Лекции	Практические занятия (семинары)	Лабор. работы	В т.ч. интерак. формы обучения (не менее 40%)	
1	Введение.	1	1	-	-	1	11
2	Типы сил взаимодействия между атомами и молекулами в конденсированном состоянии.	1	1	-	-	1	11
3	Основы кристаллографии.	1	1	-	-	1	11
4	Обратная решетка, зоны Бриллюэна.	1	1	-	-	1	11
5	Рассеяние волн в кристаллах. Тепловые свойства твердых тел.	4	1	3	-	1	11
6	Динамика кристаллической решетки. Основы зонной теории твердых тел.	4	1	3	-	1	11
7	Электрические свойства	4	2	2	-	2	11
8	Магнитные свойства твердых тел.	4	2	2	-	2	11
9	Влияние дефектов кристаллической решетки на свойства твердых тел.	4	2	2	-	2	11

10	Физические свойства аморфных твердых тел.	4	2	2	-	2	11
11	Физические свойства жидкостей	4	2	2	-	2	11
		32/ 0,9 зач. ед	16	16	-	16/ 50 %	121

5.2. Содержание разделов дисциплины.

1. Введение.

Предмет физики конденсированного состояния (ФКС). Строение конденсированных сред

2. Типы сил взаимодействия между атомами и молекулами в конденсированном состоянии.

Физические механизмы образования кристаллов. Энергия связи. Молекулярные кристаллы инертных газов. Силы Ван-дер-Ваальса – Лондона. Ионные кристаллы. Ковалентные кристаллы. Металлические кристаллы. Кристаллы с водородными связями.

3. Основы кристаллографии.

Методы описания структуры кристаллов. Симметрия кристаллических решеток. Типы кристаллических решеток. Ячейка Вигнера-Зейца.

4. Обратная решетка, зоны Бриллюэна.

Обратная решетка и обратное пространство. Ячейка Вигнера-Зейца в обратном пространстве. Зоны Бриллюэна, приведенный волновой вектор, квазиимпульс.

5. Рассеяние волн в кристаллах. Тепловые свойства твердых тел.

Природа волн, используемых для структурного анализа. Дифракция и интерференция волн в кристаллах. Условие дифракции Вульфа-Брэгга. Уравнения Лауэ. Амплитуда рассеяния. Построение Эвальда. Основные экспериментальные методы наблюдения дифракции. Теплоемкость твердых тел. Модели Эйнштейна и Дебая. Температура Дебая. Теплоемкость металлов. Учет вклада свободных электронов.

6. Динамика кристаллической решетки. Основы зонной теории твердых тел.

Потенциал Ленарда-Джонса. Колебания решетки, фононы. Фазовая и групповая скорости. Дисперсионные соотношения. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Классификация твердых тел по величине электропроводности. Уравнение Шредингера для твердого тела. Одноэлектронное приближение. Функции Блоха. Свойства волнового вектора электрона в кристалле. Зоны Бриллюэна. Поверхность Ферми. Энергетический спектр электронов в кристалле. Заполнение зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники. Эффективная масса электрона.

7. Электрические свойства твердых тел.

Электропроводность диэлектриков. Влияние поверхностных уровней на электрические свойства твердых тел. Поляризация диэлектриков. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости. Сегнетоэлектрики.

8. Магнитные свойства твердых тел.

Классификация магнетиков. Диамагнетизм и парамагнетизм твердых тел. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие и его роль в возникновении ферромагнетизма. Антиферромагнетизм и ферримагнетизм. Кривая намагничивания. Ферромагнитные домены. Магнитный резонанс.

9. Влияние дефектов кристаллической решетки на свойства твердых тел.

Точечные дефекты. Дислокации. Дефекты упаковки. Границы зерна и фаз.

10. Физические свойства аморфных твердых тел.

Структура аморфных твердых тел. Энергетический спектр некристаллических твердых тел. Аморфные полупроводники. Аморфные диэлектрики. Аморфные металлы.

11. Физические свойства жидкостей.

Структура жидкостей. Реологические свойства. Электрические свойства.

5.3. Лабораторный практикум.

Лабораторный практикум не предусмотрен.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы по дисциплине.

6.1. Основная литература по дисциплине:

1. Винтайкин Б.Е. Физика твердого тела. Изд-во «МГТУ им. Н.Э.Баумана», 2008.
2. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. Изд-во «Лань», 2010.

6.2. Дополнительная литература:

1. Киттель Ч. Квантовая теория твердых тел. М.: «Наука», 1978.
2. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. М.: «Мир», 1979.
3. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела, Изд-во «Высшая школа», 2000.
4. Лифшиц Е. М., Питаевский Л.П. Статистическая физика М.: «Наука», 1978.
5. Давыдов А. С. Квантовая теория твердого тела. М.: «Наука», 1975.
6. Р.Смит. Полупроводники. М., Мир. 1982, 560 с.
7. Займан Дж Принципы теории твердого тела. М.: «Мир», 1974.
8. Кацнельсон. А.А. «Введение в физику твердого тела», М., Изд-во МГУ, 1986.

6.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины.

Интернет-ресурсы не предусмотрены.

6.4. Рекомендации по использованию информационных технологий, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование раздела (темы) учебной дисциплины	Наименование материалов обучения, пакетов программного обеспечения	Наименование технических и аудиовизуальных средств, используемых с целью демонстрации материалов
1.			
2.			
3.	Введение.		Презентация
4.			
5.	Типы сил взаимодействия между атомами и молекулами в конденсированном состоянии.	Презентация	Компьютер и видеопроектор
6.			
7.	Основы кристаллографии.	Презентация	Компьютер и видеопроектор
8.			
9.	Обратная решетка, зоны Бриллюэна.	Презентация	Компьютер и видеопроектор
10.	Рассеяние волн в кристаллах. Тепловые свойства твердых тел.	Презентация	Компьютер и видеопроектор
11.	Динамика кристаллической решетки. Основы зонной теории твердых тел.	Презентация	Компьютер и видеопроектор
	Электрические свойства твердых тел.	Презентация	Компьютер и видеопроектор
	Магнитные свойства твердых тел.	Презентация	Компьютер и видеопроектор
	Влияние дефектов кристаллической решетки на свойства твердых тел.	Презентация	Компьютер и видеопроектор
	Физические свойства аморфных твердых тел.	Презентация	Компьютер и видеопроектор
	Физические свойства жидкостей.	Презентация	Компьютер и видеопроектор

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

7.1. Методические рекомендации для студентов.

Для более глубокого освоения материала по данному курсу магистрантам предлагается использовать рекомендуемую основную и дополнительную литературу. Важным является также решение достаточно большого количества задач самостоятельно в качестве домашних заданий. Магистрантам рекомендуется регулярно изучать лекционный материал, готовясь к текущим опросам, коллоквиумам и контрольным работам.

Важное значение в процессе обучения имеет самостоятельная работа студентов, на которую отводится значительная часть часов учебного плана. Магистрантам рекомендуется выполнять более

подробно промежуточные вычисления и решать указанные лектором задачи. Для повышения эффективности аудиторных занятий рекомендуется также повторять отдельные фрагменты предшествующих частей курса теоретической физики.

8. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

8.1. Тематика рефератов.

Рефераты не предусмотрены.

8.2. Вопросы и задания для самостоятельной работы, в том числе групповой самостоятельной работы обучающихся.

В качестве самостоятельной работы предлагается решение задач по следующим темам:

1. Уравнение Шредингера для твердого тела
2. Энергетический спектр электронов в кристалле.
3. Одноэлектронное приближение.
4. Условие дифракции Вульфа-Брэгга. Уравнения Лауэ.
5. Уравнение Гамильтона-Якоби.

8.3. Вопросы для самопроверки, диалогов, обсуждений, дискуссий, экспертиз.

1. Основные закономерности формирования конденсированы сред.
2. Основные методы изучения кристаллических структур
3. Основные теоретические методы физики твердого тела;
4. *Основные физические свойства твердых тел;
5. Качественно объяснение основных состояний в твердом теле.
6. Основные закономерности структуры и физических свойств жидкого состояния.
7. Основные закономерности структуры и физических свойств аморфного состояния.
8. Основные концепции физики квазичастиц.
9. Описание электронных состояний в конденсированных средах.
10. Методы квантовой механики в физике конденсированного состояния.
11. Простейшие задачи физики конденсированного состояния.
12. Методы описание кристаллических структур.
13. Основные приближенных волновых функций электронов в кристалле.
14. Электронные энергетические спектры.
15. Основные приближения физики конденсированного состояния.
16. Физические свойства веществ в твердом состоянии.
17. Физические свойства веществ в жидком состоянии.
18. Физические свойства веществ в аморфном состоянии.

8.4. Примеры тестов.

Тестирование не используется.

8.5. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (к экзамену).

1. Особенности структуры основных видов конденсированных сред: кристаллических твердых тел, полимеров, жидких кристаллов, аморфных твердых тел, стекол, жидкостей.
2. Энергия связи в твердых телах.
3. Молекулярные кристаллы, ионная связь,
4. Ковалентная связь.
5. Металлическая связь, кристаллы с водородной связью.
6. Пространственная решетка кристаллов, ее свойства: решетка Бравэ, ее базис.
7. Трансляционная симметрия и симметрия направлений, типы решеток, ячейка Вигнера-Зейтца.
8. Обратная решетка кристаллов, первая зона Бриллюэна.
9. Дифракция и интерференция волн в кристаллах. Условие дифракции Вульфа-Брэгга в прямой и обратной решетках.
10. "Приведенный" волновой вектор, квазиимпульс; общие свойства стационарных состояний.
11. Акустические фононы.
12. Оптические фононы.
13. Взаимодействие фононов.

14. Электрон в периодическом поле: одномерная задача, модель Кронига-Пенни; трехмерная задача, решение уравнения Шредингера,
15. Зоны дозированной энергии, ее периодичность, функции Блоха, пакет блоховских функций, его групповая скорость.
16. Эффективная масса, тензор обратной эффективной массы, его связь с изоэнергетической поверхностью, эффективный гамильтониан, квантовые уравнения движения.
17. Локализованные состояния: решение уравнения Шредингера.
18. Приближенные методы вычисления одноэлектронных состояний: метод эффективной массы.
19. Приближенные методы вычисления одноэлектронных состояний.
20. Вторичное квантование системы электронов: представление чисел заполнения для фермионов, переход от координатного представления, операторные функции, одночастичный и двухчастичный операторы.
21. Дырочное представление, описание процессов рождения и аннигиляции пары квазичастиц электрон-дырка.
22. Классификация твердых тел на основе энергетического спектра их одноэлектронных состояний: металл, диэлектрик, полупроводник, примесные полупроводники, полуметаллы.
23. Плотность одноэлектронных состояний в шкале энергий.
24. Статистика электронов в твердом теле: функция распределения Ферми.
25. Собственные значения и собственные функции гамильтониана частицы в магнитном поле (теория Ландау).
26. Метод потенциала деформаций для кристаллов с ковалентной связью.
27. Кинетические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.
28. Экситоны Френкеля и Ванье.
29. Взаимодействие света с кристаллической решеткой, поляритоны.
30. Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.
31. Поверхностные состояния электронов.
32. Диамагнетизм и парамагнетизм твердых тел.
33. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие и его роль в возникновении ферромагнетизма.
34. Антиферромагнетизм и ферримагнетизм.
35. Кривая намагничивания. Ферромагнитные домены.
36. Магнитный резонанс.
37. Влияние дефектов кристаллической решетки на свойства твердых тел.
38. Физические свойства аморфных твердых тел.
39. Физические свойства жидкостей.

8.6. Темы для написания курсовой работы.

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

8.7. Формы контроля самостоятельной работы.

Для контроля самостоятельной работы магистрантов используются формы: письменный опрос и решение задач.

8.7. Фонд оценочных средств (ФОС) промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости

Компетенции	Список вопросов	Тестовые задания	Экзамен
ОК-4	+	+	+
ОК-5	+	+	+
ОПК-1	+	+	+
ПК-1	+	+	+
ПК-2	+	+	+
ПК-4	-	-	+
ПК-9	+	+	+
ПК-15	+	+	+

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки **44.04.01 Педагогическое образование**.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена:

доктор. физ.-мат. наук, профессор кафедры общей физики В.Г. Тютерев В.Г. Тютерев

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики протокол № 1 от 31 авг. 2015 года.

Зав. кафедрой В.Г. Тютерев В.Г. Тютерев

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-математического факультета протокол № 1 от 31 авг. 20__ года.

Председатель учебно-методической комиссии физико-математического факультета З.А. Скрипко З.А. Скрипко