МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Физический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

и.о. декана _____ Малышев А.И.

« 30 » августа 2017 г.

Рабочая программа дисциплины

Квантовая теория твердых тел
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.03.02 Физика
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
профиль "Теоретическая физика"
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)
бакалавр
(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения
очная
(очная / очно-заочная / заочная)

Год набора
2017
(для обучающихся какого года набора разработана Рабочая программа)

Нижний Новгород – 2017

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Квантовая теория твердых тел» относится к вариативной части Б1.В блока Б1 «Дисциплины (модули)», является элективной дисциплиной, преподается на четвертом году обучения, в седьмом и восьмом семестрах. Освоению дисциплины предшествует освоение дисциплин (модулей) «Общая физика», «Квантовая механика», «Физика конденсированного состояния».

Целями освоения дисциплины «Квантовая теория твердых тел» являются:

- освоение концепции квазичастиц в конденсированных системах;
- освоение методов квантовой теории поля и статистической физики в теории конденсированного состояния;
- формирование представления о физической сущности таких явлений, как ферромагнетизм, сверхтекучесть и сверхпроводимость;
- формирование представления о современных направлениях исследования в физике конденсированного состояния.

2. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины «Квантовая теория твердых тел» составляет 10 зачетных единиц, всего 360 часов, из них 5 зачетных единиц, всего 180 часов, приходится на седьмой семестр и 5 зачетных единиц, всего 180 часов, приходится на восьмой семестр.

В седьмом семестре 81 час составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (1 час – мероприятия промежуточной аттестации; 16 часов занятия лекционного типа, 64 часа занятия семинарского типа (практические занятия), в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 99 часов составляет самостоятельная работа обучающегося в течение семестра.

В восьмом семестре 54 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (2 часа – мероприятия промежуточной аттестации; 4 часа занятия лекционного типа, 48 часов занятия семинарского типа (практические занятия), в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 126 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (90 часов самостоятельная работа в течение семестра, 36 часов самостоятельная работа при подготовке к промежуточной аттестации).

Содержание дисциплины «Квантовая теория твердых тел»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них				Самостоятельная работа в течение семестра, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Седьмой семестр						
1. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. Актуальные проблемы теории твердых тел. Краткий обзор современного состояния теории конденсированных систем. Концепция квазичастиц.	18	2	8	–	10	8
2. Электронные свойства идеальных кристаллов. Теорема Блоха. Закон дисперсии. Приближения сильной и слабой связи. Электронные и дырочные ветви закона дисперсии носителей в полупроводниках.	70	6	24	–	30	40
3. Металлы и полупроводники во внешних полях. Эффект де-Гааза – ван Альфена. Динамика квазичастиц в металлах. Блоховские осцилляции. Квантование орбит. Динамика квазичастиц в магнитном поле.	91	8	32	–	40	51
В т.ч. текущий контроль	2	2				–
Промежуточная аттестация – **зачет**						
Восьмой семестр						
4. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие. Фононы. Закон дисперсии. Квантование фононных возбуждений. Теплоемкость и теплопроводность. Электрон-фононное взаимодействие. Гамильтониан Фрелиха.	33	1	12	–	13	20
5. Кинетические явления и коллективные возбуждения. Неидеальный Бозе-газ. Сверхтекучесть. Экранирование.	38	1	12	–	13	25

Плазмоны. Рассеяние квазичастиц. Кинетика. Квантовый отклик. Формула Кубо.						
6. Электронные свойства неупорядоченных систем. Неупорядоченные системы. Модели беспорядка. Проводимость случайных сред в квазиклассическом приближении. Плотность электронных состояний в “грязных” металлах. Метод функций Грина в теории неупорядоченных систем. Локализация Андерсона.	38	1	12	–	13	25
7. Системы с парным межчастичным взаимодействием. Ферми-жидкостные эффекты. Взаимодействие квазичастиц. Сильнокоррелированные системы. Модель Хаббарда. Магнетизм. Модели Стонера и Гейзенберга. Магноны. Сверхпроводимость. Фононный механизм сверхпроводимости. Куперон. Концепция щели в спектре. Теория БКШ. Квазичастицы в сверхпроводниках.	33	1	12	–	13	20
В т.ч. текущий контроль	2	2				–
Промежуточная аттестация – **экзамен**						

3. Образовательные технологии

1) Чтение лекций;

2) сопровождение лекций написанием и выводом формул, построением графиков, изображением рисунков на доске;

3) сопровождение лекций презентациями;

4) методика «вопросы и ответы»;

5) выполнение практического задания у доски;

6) индивидуальная работа над практическим заданием;

7) работа в парах над практическим заданием;

8) работа в малых группах над практическим заданием;

9) методика «мозговой штурм».

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, выполнение практических заданий, отвечающих изучаемым разделам дисциплины, подготовку к промежуточной аттестации.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примеры практических заданий приведены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**
ПК-1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	(ПК-1) **Знать** основные разделы квантовой теории конденсированного состояния, формирующие фундаментальную научно-образовательную базу физики. (ПК-1) **Уметь** решать типовые и нестандартные задачи по физике, требующие применения аппарата квантовой теории конденсированного состояния. (ПК-1) **Владеть** навыками постановки и решения основных типов задач квантовой теории конденсированного состояния, требующимися для моделирования профильных задач физики.
ПК-3 готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	(ПК-3) **Знать** границы применимости одноэлектронной теории твердых тел и концепции квазичастиц. (ПК-3) **Уметь** применять в рамках профессиональной деятельности методы и подходы квантовой теории твердых тел. (ПК-3) **Владеть** навыками использования на практике методов квантовой теории твердых тел.
ПК-4 способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	(ПК-4) **Знать** принципы применения концепции квазичастиц и квантовой теории твердых тел в приложении к практическим задачам в рамках профессиональной деятельности. (ПК-4) **Уметь** формулировать практические задачи в рамках профессиональной деятельности, требующие применения концепции квазичастиц и квантовой теории твердых тел. (ПК-4) **Владеть** навыками постановки и решения основных типов задач квантовой теории твердых тел, требующимися для решения практических задач в рамках профессиональной деятельности.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Квантовая теория твердых тел» в седьмом семестре является **зачет**, в восьмом – **экзамен.**

По итогам зачета выставляется оценка «Зачтено» или «Не зачтено». Оценка «Не зачтено» означает отсутствие аттестации, оценка «Зачтено» выставляется при успешном прохождении аттестации.

По итогам экзамена выставляется оценка по семибалльной шкале: оценки «Плохо» и «Неудовлетворительно» означают отсутствие аттестации, оценки «Удовлетворительно», «Хорошо», «Очень хорошо», «Отлично» и «Превосходно» выставляются при успешном прохождении аттестации.

6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Контрольные вопросы для индивидуального собеседования представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков используются следующие процедуры и технологии:

- выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Примеры практических заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Критериями оценивания являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины.

«Не зачтено» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Зачтено» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности;

«Плохо» – обучающийся не продемонстрировал никаких знаний об основных теоретических разделах курса, не показал никаких умений и навыков выполнения практических заданий;

«Неудовлетворительно» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Удовлетворительно» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности;

«Хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Очень хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение практически всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Отлично» – обучающийся продемонстрировал связное изложение всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий повышенного уровня сложности;

«Превосходно» – обучающийся продемонстрировал уровень знаний в объеме, превышающем стандартную программу подготовки, и продемонстрировал творческий подход к выполнению практических заданий повышенного уровня сложности.

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций

6.3.1. При проведении зачета в седьмом семестре обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Квантовая теория твердых тел»:

1. Концепция квазичастиц. Электронные свойства идеальных кристаллов.
2. Теорема Блоха.
3. Закон дисперсии. Динамика квазичастиц в магнитном поле.
4. Фононы. Закон дисперсии. Теплоемкость и теплопроводность.

5. Динамика квазичастиц в магнитном поле.
6. Металлы во внешних полях. Эффект де-Гааза – ван Альфена.
7. Квазиклассическая динамика квазичастиц в металлах. Уравнения движения.
8. Плотность электронных состояний в “грязных” металлах.
9. Электрон-фононное взаимодействие. Гамильтониан Фрелиха.
10. Аномальный скин-эффект.
11. Электронные и дырочные ветви закона дисперсии носителей в полупроводниках. Модель Латтинжера.

6.3.2. При проведении экзамена в восьмом семестре обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Квантовая теория твердых тел»:

1. Затухание Ландау в плазме твердых тел.
2. Рассеяние квазичастиц. Кинетика.
3. Квантовый отклик. Формула Кубо.
4. Метод функций Грина в теории неупорядоченных систем. Локализация Андерсона.
5. Неупорядоченные системы. Модели беспорядка.
6. Проводимость сред в квазиклассическом приближении. Теория протекания.
7. Сильнокоррелированные электронные системы. Модель Хаббарда.
8. Магнетики. Модель Стонера. Модель Гейзенберга.
9. Лондоновская электродинамика сверхпроводников.
10. Задача Купера. Концепция щели в спектре.
11. Теория БКШ.

6.3.3. Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

1. Зонная структура полупроводников. kp-метод. Невырожденные и вырожденные зоны.
2. Модель Латтинжера.
3. Примесные уровни в полупроводниках.
4. Циклотронный резонанс.
5. Аномальный скин-эффект.
6. Локализованные фононные моды.
7. Вигнеровский кристалл.
8. Затухание Ландау в плазме твердых тел.
9. Электромагнитные волны в металлах.
10. Фононы в гелии.
11. Нулевой звук.
12. Теория протекания.

13. Низкоразмерные системы: локализация в проволоках.
14. Мезоскопические эффекты.
15. Эффект Кондо.
16. Туннелирование в сверхпроводниках.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

2. Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. *А.А. Абрикосов*, Основы теории металлов: учеб. Пособие. – М.: Физматлит, 2010, 600 с. – https://e.lanbook.com/book/2093
2. *Ч. Киттель*, Квантовая теория твердых тел. – М.: Наука, 1967, 565 с. – Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 15 экз.

б) дополнительная литература:

1. *Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц*, Статистическая физика. Часть 1. – М.: Наука, 1976, 584 с. – Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 5 экз.
2. *Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский*, Физическая кинетика. – М.: Наука, 1979, 528 с. – Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 5 экз.
3. *А. Анималу*, Квантовая теория кристаллических твердых тел. – М. Мир, 1981, 574 с. – Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 5 экз.
4. *А.И. Ансельм*, Введение в теорию полупроводников. – СПб.: Лань, 2016, 624 с. – https://e.lanbook.com/book/71742

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:
Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ
http://www.lib.unn.ru/.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных аудиторий для проведения занятий, оборудованных специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной информации большой аудитории. Ресурс мела и маркеров для доски в учебных аудиториях регулярно возобновляется.

Учебные аудитории могут быть при необходимости оснащены демонстрационным оборудованием для сопровождения учебных занятий презентациями.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Автор:

профессор кафедры теоретической физики
физического факультета,
д. ф.-м. н., профессор _____ / Сатанин А.М. /

Рецензент:

И.о. зав. кафедрой теоретической физики
физического факультета,
д. ф.-м. н., доцент _____ / Бурдов В.А. /

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета ННГУ от 30 августа 2017 года, протокол № б/н

Председатель
Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ _____ / Сдобняков В.В. /