

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан физического факультета


С.Н. Филимонов

«15» апреля 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Квантовая теория систем многих частиц

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Профиль подготовки:
«Фундаментальная физика»

Форма обучения
Очная


Квалификация
Бакалавр

Год приема
2021

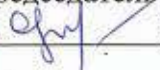
Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.01.01.12

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП


О.Н. Чайковская

Председатель УМК


О.М. Сюсина

Томск – 2021

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК-1 – способность применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;
- ПК-1 – способность проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1. Знает основные законы, модели и методы исследования физических процессов и явлений

ИПК-1.2. Владеет практическими навыками использования современных методов исследования в выбранной области

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить аппарат квантовой теории поля: метод вторичного квантования, метод функций Грина, диаграммную технику Фейнмана.

– Научиться применять методы квантовой теории поля для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, входит в профессиональный модуль «Теоретическая и математическая физика», предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 7, зачет.

Семестр 8, экзамен.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: квантовая механика, методы математической физики.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часа, из которых:

– лекции: 40 ч.;

– практические занятия: 16 ч.;

в том числе практическая подготовка: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Первичное и вторичное квантование

Представление чисел заполнения. Операторы рождения и уничтожения. Операторы в представлении вторичного квантования. Квантованное поле.

Тема 2. Электронный газ

Модель невзаимодействующих электронов. Сфера Ферми. Модель желе. Поправка первого порядка к энергии основного состояния. Поправка второго порядка. Инфракрасные расходимости.

Тема 3. Функции Грина

Представление взаимодействия. Функции Грина и их свойства. Функции Грина свободных частиц. Теорема Вика.

Тема 4. Диаграммный анализ теории возмущений

Диаграммы Фейнмана в координатном и импульсном пространстве. Собственно-энергетические и поляризационные вклады. Уравнения Дайсона.

Тема 5. Вырожденный электронный газ

Суммирование кольцевых диаграмм. Вычисление поляризационного оператора. Устранение расходимостей в корреляционной энергии.

Тема 6. Термодинамика и статфизика

Обзор основных положений термодинамики и статфизики. Термодинамический потенциал идеального газа фермионов.

Тема 7. Теория поля при конечной температуре

Температурные функции Грина. Теория возмущений. Диаграммный анализ.

Тема 8. Электронный газ при конечной температуре

Собственная энергия в кольцевом приближении. Термодинамический потенциал в классическом пределе.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в 7 семестре проводится в устной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Операторы рождения и уничтожения фермионов. Доказательства их основных свойств.
2. Одночастичные и двухчастичные операторы в представлении вторичного квантования (формулы без вывода). Операторы кинетической энергии, спина, плотности частиц и кулоновского взаимодействия в базисе плоских волн (вывод).

3. Модель невзаимодействующих электронов: сфера Ферми, энергия и импульс Ферми. Энергия системы как функция плотности. Вывод гамильтониана модели желе.
4. Поправка первого порядка к энергии основного состояния (подробно). Поправка второго порядка (схематично).
5. Представление Шредингера и Гейзенберга. Представление взаимодействия и оператор эволюции. Теорема Гелл-Манна и Лоу.
6. Определение функции Грина. Связь функции Грина с одночастичными операторами. Связь функции Грина с энергией основного состояния.
7. Формализм «частиц» и «дырок». Вычисление функции Грина для невзаимодействующих систем в координатном и импульсном представлении.

Текущий контроль не влияет на промежуточную аттестацию.

Экзамен в 7 семестре проводится в устной форме по билетам.

Экзаменационный билет состоит из двух вопросов, проверяющий ИОПК-1.1, ИПК-1.2. Ответы на вопросы даются в развернутой форме.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Операторы рождения и уничтожения фермионов. Доказательства их основных свойств.
2. Одночастичные и двухчастичные операторы в представлении вторичного квантования (формулы без вывода). Операторы кинетической энергии, спина, плотности частиц и кулоновского взаимодействия в базисе плоских волн (вывод).
3. Модель невзаимодействующих электронов: сфера Ферми, энергия и импульс Ферми. Энергия системы как функция плотности. Вывод гамильтониана модели желе.
4. Поправка первого порядка к энергии основного состояния (подробно). Поправка второго порядка (схематично).
5. Представление Шредингера и Гейзенберга. Представление взаимодействия и оператор эволюции. Теорема Гелл-Манна и Лоу.
6. Определение функции Грина. Связь функции Грина с одночастичными операторами. Связь функции Грина с энергией основного состояния.
7. Формализм «частиц» и «дырок». Вычисление функции Грина для невзаимодействующих систем в координатном и импульсном представлении.
8. Диаграммы Фейнмана в координатном пространстве (при нулевой температуре). Наводящие соображения и правила Фейнмана. Выражение для первой поправки в функцию Грина.
9. Диаграммы Фейнмана в импульсном пространстве (при нулевой температуре). Наводящие соображения и правила Фейнмана. Собственная энергия. Выражение для первой поправки в собственную энергию.
10. Уравнения Дайсона. Собственно-энергетические вклады. Поляризационные вклады.
11. Выражение энергии основного состояния электронного газа через поляризационный оператор.
12. Диаграммный анализ корреляционной энергии. Кольцевые диаграммы и их пересуммирование. Формула для поляризационного оператора (без вывода).
13. Вычисление корреляционной энергии. Эффективное взаимодействие.
14. Основные положения термодинамики и статфизики. Термодинамический потенциал идеального газа бозонов и фермионов.
15. Идеальный газ фермионов. Нахождение химического потенциала при малой, высокой и нулевой температурах.

16. Представление мнимого времени. Определение температурной функции Грина. Связь термодинамического потенциала с функцией Грина (вывод). Температурная функция Грина невзаимодействующих частиц (вывод).

17. Теория возмущений при конечной температуре: представление взаимодействия, оператор эволюции, ряд теории возмущений для функции Грина, периодичность функций Грина, обобщенная теорема Вика.

18. Правила Фейнмана для функций Грина при конечной температуре в импульсном пространстве (формулировка). Вычисление первой поправки к функции Грина. Вычисление первой поправки к собственной энергии с помощью суммирования по матсубаровским частотам.

19. Электронный газ при конечной температуре. Одночастично-неприводимая собственная энергия. Суммирование кольцевых диаграмм. Термодинамический потенциал.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Текущий контроль не влияет на промежуточную аттестацию.

Оценка «отлично» ставится, если студент изложил содержание вопросов билета без фактических ошибок, смог ответить на уточняющие вопросы по билету, а также ответил на большую часть дополнительных вопросов, выходящих за рамки билета. Оценка «хорошо» ставится, если студент изложил содержание вопросов билета без фактических ошибок, однако имеет трудности с ответами на уточняющие вопросы по билету или дополнительные вопросы, выходящие за рамки билета. Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент изложил содержание вопросов билета с ошибками и/или имеет серьезные трудности с ответами на уточняющие и дополнительные вопросы. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если студент не предоставил ответы на вопросы билета.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle»-<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=29255> и <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=30729>

б) Оценочные материалы промежуточной аттестации по дисциплине.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Fetter A. L. Quantum theory of many-particle systems / A.L. Fetter, J.D. Walecka. – McGraw-Hill Book Company, 1971. – 605 p.

– Giuliani G.F. Quantum theory of the electron liquid / G.F. Giuliani, G. Vignale. – CUP, 2005. – 777 p.

б) дополнительная литература:

– Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Том IX. Статистическая физика. Ч.2 Теория конденсированного состояния / Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. – ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 496 с.

– Абрикосов А.А. Методы квантовой теории поля в статистической физике / А.А. Абрикосов и др. – ФИЗМАТГИЗ, 1962. – 444 с.

13. Перечень информационных технологий

Не требуется

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате.

15. Информация о разработчиках

Калиниченко Игорь Степанович, к.ф.-м.н., лаборатория теоретической и математической физики, снс; кафедра квантовой теории поля, доцент (совм.)