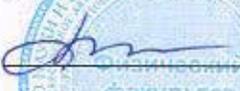


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан физического факультета

 С.Н. Филимонов

«15» апреля 2021 г.



Рабочая программа дисциплины

Квантовая теория рассеяния

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Профиль подготовки
«Фундаментальная физика»

Форма обучения
Очная

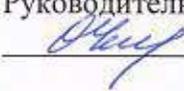
Квалификация
Бакалавр

Год приема
2021

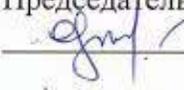
Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.01.01.08
Б1.В.ДВ.01.02.07

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-2 – Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;
- ПК-1 – Способен 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-2.2. – Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе научного исследования, обобщает полученные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования;

ИПК-1.1. Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования.

2. Задачи освоения дисциплины

- Освоить понятийный аппарат квантовой теории рассеяния.
- Научиться применять аппарат квантовой теории рассеяния для анализа решений практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

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

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

Семестр 7, дифференцированный зачёт.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

- лекции: 32 ч.;
- практические занятия: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Введение.

Стационарная не стационарная теория рассеяния. Классическая картина рассеяния. Методы получения сечений.

Тема 2. Одночастичный оператор рассеяния.

Классическая, квантовая картины. Асимптотические состояния. Операторы Мёллера.

Тема 3. Свойства S-матрицы.

Сохранение энергии. Трансляционная инвариантность. Инвариантность относительно вращений. Парциальные разложения. Чётность. Обращение времени.

Тема 4. Строгая теория s-рассеяния

Регулярные нерегулярные решения. Функции Иоста. Свойства функции Иоста. Аналитические продолжения решений. Физический лист.

Тема 5. Полюса S-матрицы.

Связь нулей функций Иоста и полюсов S-матрицы. Связанные состояния. Резонансные состояния. Теорема Левинсона.

Тема 6. Уравнения Липпмана-Швингера.

G –операторы. Эйлеров предельный переход. Уравнения Липпмана-Швингера для состояний рассеяния. Уравнения Липпмана-Швингера для T-матрицы. Способы нахождения T-матриц.

Тема 7. Многоканальное рассеяние.

Каналы. Асимптотические состояния. Многочастичный оператор рассеяния. Многоканальные уравнения Липпмана-Швингера. Полюсная структура.

Тема 8. Приближённые методы.

Борновское приближение. Рассеяние на короткодействующем потенциале. Кулоновское рассеяние. Вариационные расчёты (метод Швингера). Вычислительная химия (разнообразие методов пост Хартри-Фока).

Тема 9. Концепция встряски.

Вводные определения. Встряска типа рассеяния. Внезапная перестройка медленной системы. Встряска типа включения. Параметрическая встряска гармонического осциллятора. Внезапное ускорение тяжёлой подсистемы. Внезапная перестройка атомного потенциала.

Тема 10. Эволюция элементарных квантовых систем.

Эволюция осциллятора. Эволюция резонансно-возбуждаемых систем. Эволюция систем с SU(2)-динамической симметрией.

Тема 11. Кулоновское возбуждение атомов.

Стандартная полуклассическая теория. Метод внезапных возмущений. Быстрые атомные столкновения.

Тема 12. Многообразие проявлений встряски.

Перестройка атомных оболочек при ядерных реакциях. Комптон-эффект на слабосвязанных электронах. Электрон-атомные столкновения в лазерном поле. Вынужденные эффекты в радиационных столкновениях. Процессы встряски в молекулярных столкновениях.

Тема 13. Обратная задача рассеяния.

Вводные замечания. Методы решения обратной задачи рассеяния.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится с применением балльно-рейтинговой системы, включающей контроль посещаемости, результаты выполнения контрольных работ, заданий по материалам курса и фиксируется в форме баллов (нарастающим итогом): посещаемость – максимальный балл 10, выполнение практических работ – 30, выполнение контрольных работ – балл 20. Контрольная точка проводится один раз в семестр в письменной форме.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой в 7 семестре проводится в письменной форме по билетам. Продолжительность экзамена 1.5 часа.

На промежуточную аттестацию планируется не более 40% рейтинга.

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

Оценка определяется исходя из результатов экзамена и текущей аттестации в течение семестра и согласуется с принятым соответствием с 5-ти балльной шкалой оценивания: 99-86 — «отлично»; 85-66 — «хорошо»; 65-45 — «удовлетворительно», менее 45 — «неудовлетворительно».

Билет на зачете состоит из двух частей.

Первая часть представляет собой список теоретических вопросов, проверяющих сформированность компетенции ОПК-2 в соответствии с индикатором ИОПК-2.2. Ответы даются в развернутой форме.

Вторая часть содержит один вопрос из списка контрольных вопросов по курсу (приведен в разделе 11), проверяющих сформированность компетенции ПК-1 и соответствие индикатору достижения компетенции ИПК-1.1. Ответ на вопрос второй части дается в краткой форме, включающей краткую интерпретацию полученных результатов.

Примерный перечень теоретических вопросов.

Вопрос 1. Связь функции Йоста с решениями уравнения Шрёдингера и с S -матрицей.

Вопрос 2. Применимость борновского приближения.

Вопрос 3. Задача. Найти амплитуду рассеяния на потенциале, представляющим бесконечную стенку при $r \leq a$ и обращаемся в нуль при $r > a$, где a — ширина потенциала.

Дополнительные вопросы.

Вопрос 1. Асимптотические состояния в кулоновском рассеянии.

Вопрос 2. Уравнение Липпмана-Швингера для T -матрицы и способы его решения.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21881>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Перечень вопросов, выносимых на дифференцированный зачет.

1. Связь стационарной и не стационарной теории рассеяния.
2. Одночастичный оператор рассеяния в одноканальном и многоканальном случае.
3. Асимптотические состояния в задаче рассеяния. Условие ортогональности и полноты асимптотических состояний. Операторы Мёллера.
4. Свойства S -матрицы. Парциально-волновое разложение для S -матрицы. Структура S -матрицы в многоканальном случае.
5. Регулярные и нерегулярные решения уравнения Шрёдингера их связь с функциями Йоста. Связь функций Йоста с S -матрицей. Суть аналитических продолжений функций Йоста.
6. Полюсная структура S -матрицы (одноканальный и многоканальный случай). Связанные и резонансные состояния.
7. Уравнения Липпмана-Швингера для состояний рассеяния и для T -матриц. Способы решения уравнений Липпмана-Швингера.
8. Борновское приближение (короткодействующие и далекодействующие потенциалы). Вариационный метод Швингера для нахождения амплитуд.
9. Встряска типа рассеяния. Встряска типа включения. Внезапная перестройка медленной системы. Внезапная перестройка атомного потенциала.
10. Эволюция осциллятора. Эволюция резонансно-возбуждаемых систем. Эволюция систем с $SU(2)$ -динамической симметрией.
11. Кулоновское возбуждение атомов. Стандартная полуклассическая теория. Метод внезапных возмущений. Быстрые атомные столкновения.

12. Перестройка атомных оболочек при ядерных реакциях. Комpton-эффект на слабосвязанных электронах. Электрон-атомные столкновения в лазерном поле.
13. Вынужденные эффекты в радиационных столкновениях. Процессы встряски в молекулярных столкновениях.

в) Перечень практических работ:

- 1) Нахождение амплитуды рассеяния при заданном модельном потенциале;
- 2) Точное решение уравнения Липпмана-Швингера с заданным сепарабельным потенциалом. Сравнение численного решения с аналитическим;
- 3) Выписать систему связанных уравнений Липпмана-Швингера для задачи о взаимодействии в связанной системе частиц $EN - \Lambda\Sigma - \Sigma\Sigma$. Показать, что вне зависимости от числа уравнений описывающих эту систему энергия связи системы будет находится путём решения одного и того же уравнения.
- 4) Рассчитать аналитически интеграл (амплитуду рассеяния на потенциале типа Юкавы во втором борновском приближении). Сравнение численного решения с аналитическим;
- 5) Показать, что при внезапном ускорении тяжёлой подсистемы волновые функции лёгких подсистем удовлетворяют одному и тому же уравнению Шрёдингера записанному в различных (покоящейся, движущейся) системах координат при заданном унитарном преобразовании волновых функций;
- 6) Показать, что функционал Швингера стационарен относительно провизольных вещественных вариаций пробной функции вблизи некоторой функции, пропорциональной точному решению уравнения Липпмана-Швингера;

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студента включает:

- углубленное теоретическое изучение разделов курса при подготовке к лекционным и практическим занятиям;
- подготовку к обсуждению материала, в том числе самостоятельный поиск необходимых источников информации, включая научно-образовательные ресурсы сети Интернет;
- подготовку к дифференцированному зачету.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Тейлор Дж. Теория рассеяния. Квантовая теория нерелятивистских столкновений. / пер. с англ. А.С.Жукарева, под ред. проф. А.М. Бродского. – М.: МИР, 1975. – 564 с.
2. Дыхне А.М. Внезапные возмущения и квантовая эволюция. /А.М. Дыхне, Г.Л. Юдин. – М.: Успехи физических наук, 1996 г. – 428 с.
3. Ньютон Р. Теория рассеяния волн и частиц / пер. с англ. А.М.Кузнецова, А.А. Черненко под ред. А.М.Бродского, В.В.Толмачева. – М.: МИР, 1969 г. – 600 с.

б) дополнительная литература:

- Chadan K. Inverse problems in quantum scattering theory / K.Chadan, P.C. Sabatier. – New York.: Springer, 1977 г. – 364 с.
- Povh B. Scattering and structures / B. Povh, M. Rosina. – Berlin.: Springer, 2005 г. – 267 с.

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

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

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

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

15. Информация о разработчиках

Егоров Михаил Викторович, кандидат физико-математических наук, физический факультет Томского государственного университета, старший научный сотрудник, доцент кафедры квантовой теории поля.