Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
_____/Н.М. Буднев
«22» апреля 2020 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.14 Теория рассеяния

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Тип образовательной программы: Академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки: Фундаментальная физика

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК физического факультета
Протокол №25 от «21» апреля 2020 г.
Председатель _____ Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
Протокол №8
От «14» апреля 2020 г.
И.о. зав. кафедрой _____ С.В. Ловцов

Иркутск 2020 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины.....3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП.....3
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....3
4. Объем дисциплины и виды учебной работы.....4
5. Содержание программы.....4
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....5
7. Примерная тематика курсовых работ.....7
8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....7
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....8
10. Образовательные технологии:.....8
11. Оценочные средства (ОС):.....8
Приложение: фонд оценочных средств

1. Цели и задачи дисциплины

Целью курса «Теория рассеяния» является углубление и развитие представлений о процессах квантового рассеяния; освоение методов качественных и количественных оценок сечения и фазы рассеяния; приобретение навыков по точному и приближенному вычислению этих величин для различных потенциалов взаимодействия; уяснение роли аналитических свойств физических величин и их связей со свойствами потенциала и условием причинности; прояснение понятия оператора в Гильбертовом пространстве и смысла условий его самосопряженности; введение в круг идей и методов теории перенормировок и теории S-матрицы релятивистской квантовой теории поля.
Данный курс призван решать следующие задачи:

- изучение стационарных и нестационарной методов описания процессов рассеяния в квантовой механике;
- знакомство с их основными экспериментально наблюдаемыми характеристиками;
- формирование умений и навыков самостоятельного вычисления и оценки фаз и сечений рассеяния на заданных потенциалах.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Теория рассеяния» является обязательной в вариативной части общенаучного цикла ОПОП. При изучении курса «Квантовая теория рассеяния» используются знания, приобретенные при изучении основных физических и математических курсов: «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Интегральных уравнений», «Теории функций комплексного переменного», «Теоретическая механика», «Линейные и нелинейные уравнения физики», «Квантовая теория», «Электродинамика», а также спецкурсов по релятивистской квантовой теории. Курс «Теория рассеяния» является базовым для изучения курсов «Квантовая теория излучения», «Введение в квантовую теорию поля», «Квантовая электродинамика», «Слабые взаимодействия».

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:
- способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей (ОПК-2);
- способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);
- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);

В результате изучения дисциплины студент должен:
Знать: основные законы, уравнения, идеи и методы квантовой теории рассеяния.
Уметь: применять эти идеи и уравнения для решения задачи рассеяния на различных потенциалах используя адекватные математические методы и приближения для анализа конкретных потенциалов взаимодействий.
Владеть*:* навыками вычисления и оценки основных наблюдаемых характеристик процессов рассеяния: сечений и фаз рассеяния, времени задержки, энергий связи.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестр
		6
Аудиторные занятия (всего)	90 / 2,5	90
Лекции	18 / 0,5	18
Практические занятия (ПЗ)	56 / 1,6	56
КСР	16/0,4	16
Самостоятельная работа (всего)	27 / 0,75	27
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	27/0,75	27
Контактная работа (всего)	93/2,6	93
Общая трудоемкость часы / зачетные единицы	**144 / 4**	**144**

5. Содержание программы

5.1 Общее содержание

Тема 1. Стационарная теория рассеяния

1. Классическая теория рассеяния и квазиклассические оценки для полных сечений.
2. Квазиклассический анализ дифференциального УШ. Асимптотика ВФ, амплитуда и дифференциальное сечение рассеяния. Плотность потока и оптическая теорема.
3. Интегральные уравнения Липпмана-Швингера на ВФ Борновское приближение и приближение эйконала. Half-off shell T-матрица, ВФ и амплитуда рассеяния.
4. Стационарная теория потенциального рассеяния:
Формальная алгебраическая схема: уравнения ЛШ на ФГ и off shell T-матрицу.
Полнота системы собственных функций. Полная Функция Грина (ФГ).
Уравнения Лоу. Унитарность и оптическая теорема.
Дисперсионные соотношения для полной амплитуды рассеяния вперед.
5. Сепарабельные потенциалы конечного ранга. Дельта-потенциал. Перенормировка.
6. Детерминант оператора - детерминант Фредгольма.
7. Представления для детерминанта через наблюдаемые - фазу рассеяния и энергии связанных состояний и теорема Левинсона. Представление детерминанта в методе эволюции по константе связи и правила сумм для энергий связанных состояний и фазы.
8. Разложение по парциальным волнам. Радиальное уравнение Шредингера. Решение Йоста, регулярное и физическое решения. Фазы рассеяния. Сечение неупругого рассеяния. Вольтерровы интегральные уравнения и аналитические свойства решений. Функция Йоста как детерминант Фредгольма парциального оператора УШ.
9. Аналитические свойства функции Йоста и S-матрицы. Связанные, резонансные и виртуальные состояния. Приближение эффективного радиуса.
10. Квазиклассические приближения для фазы и амплитуды рассеяния.

Тема 2. Нестационарная теория рассеяния

1. Представления Гейзенберга, Шредингера и взаимодействия.
2. Волновые операторы Меллера и S-Матрица.
3. Эволюция волновых пакетов.
4. Детальное равновесие и обращение времени.

Тема 3. Частные виды потенциялов. Теория расширений.

1. Потенциалы Юкавского типа. Аналитические свойства амплитуды по передаче импульса. Граница Фруассара для сечения рассеяния.
2. Полюса Редже в плоскости углового момента и представление Зоммерфельда-Ватсона

3. Потенциальное рассеяние частиц в пространствах произвольной размерности. Интегральное представление для функции Йоста. Связь между решениями для одного и того же потенциала в пространствах разной размерности.
4. Точно решаемые потенциалы: кулоновский, дейтроный, хюльтеновский.
5. Сингулярные потенциалы. Самосопряженные расширения оператора Гамильтониана. Дополнительные граничные условия. Дельта-потенциал в теории фон Неймана и формула Крейна.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№	Наименование обеспечиваемых дисциплин	№ разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых дисциплин						
1.	Квантовая теория излучения	1	2					
2.	Введение в квантовую теорию поля	1	2	3				
3.	Квантовая электродинамика	1	2	3				
4	Электрослабая теория	1	2	3				

5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

№	Темы, Разделы	Виды подготовки		
		Лекции	Прак. занятия	СРС
1.	Стационарная теория рассеяния	8	30	10
2.	Нестационарная теория рассеяния	4	10	7
3.	Частные виды потенциалов. Теория расширений.	6	16	10

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1.	**Тема 1**	Классическая теория рассеяния и квазиклассические оценки для полных сечений. Квазиклассический анализ дифференциального УШ. Асимптотика ВФ, амплитуда и дифференциальное сечение рассеяния. Плотность потока и оптическая теорема. Интегральные уравнения Липпмана-Швингера на ВФ. Борновское приближение и приближение эйконала. Half-off shell T-матрица, ВФ и амплитуда рассеяния.. Стационарная теория потенциального рассеяния:. Формальная алгебраическая схема: уравнения ЛШ на ФГ и off shell T-матрицу. Полнота системы собственных функций. Полная ФГ.	30	Домашнее контрольное задание	ОПК-2,3, ПК-1

		Уравнения Лоу. Унитарность и оптическая теорема. Дисперсионные соотношения для полной амплитуды рассеяния вперед..Сепарабельные потенциалы конечного ранга. Дельта-потенциал. Перенормировка. Детерминант оператора - детерминант Фредгольма. Представления для детерминанта через наблюдаемые - фазу рассеяния и энергии связанных состояний и теорема Левинсона. Представление детерминанта в методе эволюции по константе связи и правила сумм для энергий связанных состояний и фазы. Разложение по парциальным волнам. Радиальное уравнение Шредингера. Решение Йоста, регулярное и физическое решения. Фазы рассеяния. Сечение неупругого рассеяния. Вольтерровы интегральные уравнения и аналитические свойства решений. Функция Йоста как детерминант Фредгольма парциального оператора УШ. Аналитические свойства функции Йоста и S-матрицы. Связанные, резонансные и виртуальные состояния. Приближение эффективного радиуса. Квазиклассические приближения для фазы и амплитуды рассеяния.			
2.	**Тема 2**	Представления Гейзенберга, Шредингера и взаимодействия. Волновые операторы Меллера и S-Матрица. Эволюция волновых пакетов. Детальное равновесие и обращение времени.	10	Домашнее Контрольное задание	ОПК-2,3, ПК-1
3.	**Тема 3**	Потенциалы Юкавского типа. Аналитические свойства амплитуды по передаче импульса. Граница Фруассара для сечения рассеяния. Полюса Редже в плоскости углового момента и представление Зоммерфельда-Ватсона Потенциальное рассеяние частиц в пространствах произвольной размерности. Интегральное представление для функции Йоста. Связь между решениями для одного и того же потенциала в пространствах разной размерности. Точно решаемые потенциалы: кулоновский, дейтроный, хюльтеновский. Сингулярные потенциалы. Самосопряженные расширения оператора Гамильтониана. Дополнительные граничные условия. Дельта- потенциал в теории фон Неймана и формула Крейна.	16	Домашнее Контрольное задание	ОПК-2,3, ПК-1

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание: Текущие задачи на семинарах и 21 задача из семестрового задания	Рекомендуемая литература	Количество часов
	Тема 1	Внеаудиторная, решение задач	http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPh/zadan.pdf	Основная и дополнительная	10
	Тема 2	Внеаудиторная, решение задач		Основная и дополнительная	7
	Тема 3	Внеаудиторная, решение задач		Основная и дополнительная	10

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Своевременное решение 21 задачи из семестрового задания.

7. Примерная тематика курсовых работ

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

а) Основная литература

1. Киселев, В. В. Квантовая механика [Текст] : курс лекций / В. В. Киселев. - М. : Изд-во МЦНМО, 2009. - 560 с.- ISBN 978-5-94057-497-2 (4 экз.)
2. Ландау, Лев Давидович. Теоретическая физика [Текст] : учеб.пособие для студ.физ. спец. ун-тов: В 10т. / Л.Д.Ландау,Е.М.Лифшиц;Под ред.Л.П.Питаевского. - 5-е изд.,стер. - М. : Физматлит. Т.III : Квантовая механика. Нерелятивистская теория /Л.Д.Ландау,Е.М.Лифшищ. - 5-е изд.,стер. -1974, 2001, - 808 с. (56 экз)

б) Дополнительная литература:

1. Елютин П.В., Кривченков В.Д. Квантовая механика. М: Наука, 1976. (5 экз)
2. Зелевинский, В. Г. Лекции по квантовой механике [Текст] : учебное пособие / В. Г. Зелевинский. - 2-е изд., испр. и доп. - Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2002. (1 экз)
3. Сербо, В. Квантовая механика [Text] : учеб.пособие / В. Сербо, И.Б. Хриплович ; Новосибирский гос.ун-т. - Новосибирск : [s. n.], 2000. - 136 с. (1 экз)
4. Мессиа, А. Квантовая механика / А. Мессиа. Т. 1., Т. 2. – М: Наука, 1978. (2 экз)
5. Галицкий А.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Сборник задач по квантовой механике. М: Наука, 1981, 2001. (54 экз)
6. Липкин, Г. Квантовая механика: новый подход к некоторым проблемам / Г. Липкин ; пер. с англ. под ред. В. В. Толмачева. - М. : Мир, 1977. (14 экз)
7. Ньютон, Р. Теория рассеяния волн и частиц [Текст] : научное издание / Р. Ньютон ; пер. с англ.: А. М. Кузнецов, А. А. Черненко ; ред.: А. М. Бродский, В. В. Толмачев. - М. : Мир, 1969. - 607 с. Пер. изд. : Stattering theory of waves and particles / Roger G. Newton. - New York. (1 экз)
8. Фаддеев, Л. Д. Лекции по квантовой механике для студентов-математиков [Текст] : учебное пособие / Л.Д. Фаддеев, О.А. Якубовский. - 2-е изд. - Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2001. - 255 с. (1 экз)
9 Ситенко А.Г. Лекции по теории рассеяния. Киев, «Вища школа», 1971. (1 экз)
10. Сунакава С. Квантовая теория рассеяния. М: Мир, 1979. (8 экз)
11. Тейлор Дж. Теория рассеяния. М: Мир, 1975. (2 экз)
12. В. де Альфаро, Т. Редже. Потенциальное рассеяние. М: Мир, 1966. (1 экз)

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Основные материалы по курсу доступны на персональной странице
http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/korenb.html
http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb//TDSPh/radscet.htm
http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPh/zadan.pdf
http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPh/qm_ngu.pdf
http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPh/am_j_phys_2002.pdf
http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPh/S0217732315500741.pdf
http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPh/par_kor_93.djvu
http://www.pd.isu.ru/sost/teor_phi/korenb/TDSPh/tmf5265.pdf

Литература доступна также на http://library.isu.ru/ - Научная библиотека ИГУ
Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ:

https://isu.bibliotech.ru/ - ЭЧЗ «БиблиоТех»;
http://e.lanbook.com - ЭБС «Издательство «Лань»;
http://rucont.ru - ЭБС «Руконт» - межотраслевая научная библиотека,

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория минимум с двумя досками и мел. Доступ к ресурсам ИГУ из сети Интернет. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор, переносной экран, ноутбук.

10. Образовательные технологии:

Лекция, практические занятия, индивидуальная работа при сдаче семестровых заданий.

11. Оценочные средства (ОС):

Фонд оценочных средств представлен в приложении.
Формы текущего контроля: контрольные вопросы на занятиях.
Форма промежуточного контроля – экзамен. Прием семестрового задания.

11.1. *Варианты контрольных вопросов:*

1. Оценки сечения для конкретных потенциалов.
2. Вычисление функций Йоста и фаз рассеяния для конкретных потенциалов.
3. Теорема Левинсона как следствие аналитических свойств функции Йоста.
4. Уравнения Липпмана-Швингера для парциальных амплитуд. .
5. Радужное рассеяние и глория.
6. Распад квазистационарного состояния и резонанс. Время задержки.

11.2 *Пример задачи из семестрового задания:*

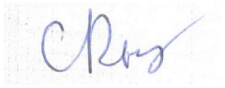
Доказать теорему Левинсона исходя из аналитических свойств функции Йоста $Fl(-ik)$ в верхней полуплоскости переменной k. Пояснить различие случаев $l=0$ и $l> 0$.

11.3. *Примерный список вопросов к экзамену:*

1. Классическая теория рассеяния и квазиклассические оценки для полных сечений.
2. Грубый квазиклассический анализ дифференциального УШ. Амплитуда и дифференциальное сечение рассеяния.
3. Интегральные уравнения Липпмана-Швингера на в.ф. Борновское приближение и приближение эйконала. Half-off shell Т-матрица, в.ф. и амплитуда рассеяния.
4. Уравнения ЛШ на ФГ и Т-матрицу. Уравнения Лоу. Унитарность и оптическая теорема. Дисперсионные Соотношения для полной амплитуды рассеяния вперед.
5. Сепарабельные потенциалы конечного ранга. Дельта-потенциал. Перенормировка.
6. Детерминант оператора - детерминант Фредгольма.

7. Представления для детерминанта через наблюдаемые - фазу рассеяния и энергии связанных состояний и в методе эволюции по константе связи. Теорема Левинсона и правила сумм для энергий и фазы.
8. Разложение по парциальным волнам. Радиальное уравнение Шредингера. Решение Йоста, регулярное и физическое решения. Фазы рассеяния. Вольтерровы интегральные уравнения и аналитические свойства решений. Функция Йоста - детерминант парциального оператора УШ.
9. Аналитические свойства функции Йоста и S-матрицы. Связанные, резонансные, виртуальные состояния. Приближение эффективного радиуса.
10. Квазиклассическое приближение для фазы.Метод Калоджеро.
11. Представления Гейзенберга, Шредингера и взаимодействия.
12. Волновые операторы Меллера и S-Матрица. Детальное равновесие и обращение времени.
13. Сингулярные потенциалы. Самосопряженные расширения оператора
Гамильтониана. Дополнительные граничные условия.
14. Потенциалы Юкавского типа. Аналитические свойства амплитуды по передаче импульса. Граница Фруассара для сечения рассеяния.

Разработчики:



профессор кафедры теоретической физики С. Э. Коренблит

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики

«14» апреля 2020 г. Протокол №8 Зав. кафедрой С.В. Ловцов

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.