



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан (директор)

“20” июня 2017 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.1.1 Введение в квантовую теорию поля

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 №8 от «19» июня 2017 г.

Зам. председателя _____


В.В. Чумак

Рекомендовано кафедрой:

Протокол №8

От «31» мая 2017 г.

Зав. кафедрой _____


С.В. Ловцов

Иркутск 2017 г.

Содержание

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

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

«Введение в квантовую теорию поля» начинает курс специальных дисциплин по теоретической физике и предполагает знание основ механики, электродинамики, квантовой механики, а также основ математического анализа, линейной алгебры и дифференциальных уравнений.

Цели курса

Целью курса «Введение в квантовую теорию поля» является ознакомление с основными идеями и методами квантовой теории поля, используемыми в физике элементарных частиц, астрофизике, физике космических лучей и составляющими основу теоретического описания широкого круга физических явлений.

Задачи курса

Данный курс призван решать следующие задачи:

- знакомство с основополагающими принципами, понятиями и гипотезами, лежащими в основе описания квантовополевых систем;
- изучение методов квантовой теории поля;
- знакомство с основными физическими явлениями, описываемыми квантовой теорией поля;

Программа ориентирована на развитие у студентов интереса к самостоятельному изучению фундаментальных основ науки.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.

«Введение в квантовую теорию поля» является дисциплиной по выбору в вариативной части общенаучного цикла ОПОП. При изучении курса «Введение в квантовую теорию поля» используются знания, приобретенные при изучении основных физических и математических курсов, а также спецкурсов по релятивистской квантовой теории и теории излучения. Курс «Введение в квантовую теорию поля» является базовым для изучения такого курса как «Квантовая электродинамика», а также курсов по физике частиц и астрофизике.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:
- способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1).

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: основные типы взаимодействий и методы вычислений в квантовой теории поля.

Уметь: делать вычисления во вторично квантованной теории.

Владеть: навыками вычисления сечений и вероятностей распадов, правилами Фейнмана при вычислении матричных элементов в КЭД.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры	
		6	
Аудиторные занятия (всего)	62 / 1,7	62	
В том числе:	-	-	-
Лекции	-	-	
Практические занятия (ПЗ)	56 / 1,6	56	
КСР	6/0,2	6	
Самостоятельная работа (всего)	46 / 1,3	46	
Вид промежуточной аттестации (зачет с оценкой)			
Контактная работа (всего)	67 / 1,7	67	
Общая трудоемкость часы/зачетные единицы	108/3	108	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

Раздел 1. СВОБОДНЫЕ КЛАССИЧЕСКИЕ ПОЛЯ

1. Лагранжиан. Теорема Нетер.
2. Скалярное поле. Энергия-импульс скалярного поля.
3. Массивное векторное поле. Локальный репер.
4. Электромагнитное поле.
5. Поле Дирака.

Раздел 2. КВАНТОВАНИЕ СВОБОДНЫХ ПОЛЕЙ

6. Представление чисел заполнения. Каноническое квантование. Представление Шредингера и Гайзенберга.
7. Релятивистская схема квантования полей.
8. Перестановочные соотношения. Квантование по Ферми-Дираку и Бозе-Эйнштейну.
9. Квантование полей с целым спином. Квантование электромагнитного поля.
10. Квантование поля Дирака.

Раздел 3. ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ПОЛЯ

11. Лагранжианы взаимодействия. Электромагнитное поле как калибровочное.
12. Неабелевы калибровочные поля. Лагранжиан КХД.
13. Лагранжиан слабых взаимодействий, промежуточный бозон, спонтанное нарушение симметрии.
14. Диагонализация модельных гамильтонианов.

Раздел 4. МАТРИЦА РАССЕЯНИЯ, ДИАГРАММЫ ФЕЙНМАНА

15. Представление взаимодействия. Матрица рассеяния.
16. Теоремы Вика.
17. Функции Грина свободных полей. Причинная функция Грина.
18. Диаграммы Фейнмана. Правила Фейнмана КЭД в импульсном представлении.

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

№ п/п	Наименование обеспечиваемых дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин					
		1.1	1.5	2.9	2.10	4.17	4.18
1.	Квантовая электродинамика						

5.3 Разделы и темы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах			
			Лекц.	Практ. зан.	СРС	Всего
1	Раздел 1	Тема 1-5		15	15	30
2	Раздел 2	Тема 6-10		17	15	32
3	Раздел 3	Тема 11-14		12	8	20
4	Раздел 4	Тема 15-18		12	8	20

6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудовое время (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Раздел 1, Тема 1	Теорема Нетер и сохраняющиеся величины.	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
2.	Раздел 1, Тема 2	Вычисление энергии-импульса скалярного поля	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
3.	Раздел 1, Тема 3	Векторное поле, дополнительные условия.	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
4.	Раздел 1, Тема 4	Классическое электромагнитное поле и его динамические величины.	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
5.	Раздел 1, Тема 5	Энергия-импульс поля Дирака	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
6.	Раздел 2, Тема 6	Представление Шредингера, Гайзенберга	4	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
7.	Раздел 2, Тема 7	Различные схемы квантования	4	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
8.	Раздел 2, Тема 8	Типы перестановочных соотношений	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
9.	Раздел 2, Тема 9	Квантование массивного векторного поля, электромагнитного поля.	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
10.	Раздел 2, Тема 10	Квантованное поле Дирака, связь спина и статистики	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
11.	Раздел 3, Тема 11	Абелева калибровочная симметрия и электромагнитное поле.	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
12.	Раздел 3, Тема 12	Неабелева калибровочная симметрия.	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
13.	Раздел 3, Тема 13	Неабелева калибровочная симметрия и возникновение массы.	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
14.	Раздел 3, Тема 14	Простые системы со смешиванием и взаимодействием.	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1

15.	Раздел 4, Тема 15	Матрица рассеяния и лагранжиан взаимодействия.	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
16.	Раздел 4, Тема 16	Теоремы Вика и вычисление матричных элементов.	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
17.	Раздел 5, Тема 17	Различные функции Грина и граничные условия.	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
18.	Раздел 5, Тема 18	Диаграммы Фейнмана и вычисление матричных элементов.	3	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Теорема Нетер	Внеаудиторная, решение задач	Момент импульса	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	3
2	Энергия-импульс скалярного поля	Внеаудиторная, решение задач	Вектор тока и заряд. Решение уравнения Клейна-Гордона.		3
3	Векторное поле	Внеаудиторная, решение задач	Диагонализация энергии-импульса.		3
4	Электромагнитное поле	Внеаудиторная, решение задач	Обобщенный лагранжиан, калибровки.		3
5	Поле Дирака	Внеаудиторная, решение задач	Решение уравнения Дирака, спиновые степени свободы.		3
6	Каноническое квантование	Внеаудиторная, решение задач	Гамильтонов подход и вторичное квантование		3
7	Релятивистская схема квантования	Внеаудиторная, решение задач	Представление Фока и законы сохранения.		3
8	Перестановочные соотношения	Внеаудиторная, решение задач	Зарядовая симметрия и типы перестановочных соотношений.		3
9	Электромагнитное поле	Внеаудиторная, решение задач	Вычисление динамических величин квантованного поля.		3
10	Квантование поля Дирака	Внеаудиторная, решение задач	Динамические величины дираковского поля.		3
11	Калибровочная симметрия	Внеаудиторная, решение задач	Обобщенный лагранжиан, квантование и условия калибровки.		2

12	Неабелева калибровочная симметрия	Внеаудиторная, решение задач	Лагранжиан КХД, основные свойства.		2
13	Слабые взаимодействия и массивный переносчик.	Внеаудиторная, решение задач	Спонтанное нарушение симметрии и возникновение массы.		2
14	Вторично квантованная теория	Внеаудиторная, решение задач	Гамильтонов подход, модель статического источника.		2
15	Матрица рассеяния	Внеаудиторная, решение задач	Хронологическое произведение, хронологическая экспонента.		2
16	Теоремы Вика	Внеаудиторная, решение задач	Приведение к нормальной форме		2
17	Функции Грина	Внеаудиторная, решение задач	Причинная функция Грина, свойства. Особенности на световом фокусе.		2
18	Диаграммы Фейнмана	Внеаудиторная, решение задач	Диаграммы Фейнмана в различных теориях.		2

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

В разделе 6.1. студентам для самостоятельного углубленного изучения дисциплины предлагаются задачи по изучаемым разделам и график их изучения. Предполагается, что студент самостоятельно изучит дополнительные параграфы по пройденной теме, представленные в литературе из п. 8, а затем решит предложенные в п. 6.1 задачи, методы решения которых частично обсуждаются на семинарах. Оценка самостоятельной работы студентов проводится в виде контрольных опросов на практических занятиях.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ (проектов)

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

1. Боголюбов, Н. Н. Собрание научных трудов в 12 т.: Квантовая теория: [в 4 т.] / Н. Н. Боголюбов; Рос. акад. наук. - М. : Наука, 2005. - Т. 10 : Введение в теорию квантовых полей / Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков ; ред.-сост. А. Д. Суханов. - 2008. - 736 с. - ISBN 978-5-02-035721-1 (3)
2. 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.)

б) дополнительная литература:

1. Боголюбов, Н. Н. Квантовые поля: учеб. пособие для вузов / Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков ; Московский гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. - 3-е изд., доп. - М.: Физматлит, 2005. - 383 с. - ISBN 5-9221-0580-9 (1)
2. Бьёркен Д.Д. Релятивистская квантовая теория / Д. Д. Бьёркен. - Т.1 (1 экз.)
3. Петрина, Д. Я. Квантовая теория поля / Д. Я. Петрина. - 2-е изд. - М.: Либроком, 2014. - 247 с. - ISBN 978-5-397-04311-3 (1)

Сверено с ФБ ИГУ

в) базы данных, поисково-справочные и информационные системы

<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 «Рукопт» - межотраслевая научная библиотека, содержащая оцифрованные книги, периодические издания и отдельные статьи по всем отраслям знаний, а также аудио-, видео-, мультимедиа софт и многое другое;
- <http://ibooks.ru/> - ЭБС «Айбукс» - интернет ресурсы в свободном доступе.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

Учебная аудитория для проведения занятий. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор, переносной экран, ноутбук.

10. Образовательные технологии

При изучении данной дисциплины используются следующие образовательные технологии:

1. Практические занятия, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
2. Консультации – еженедельно для всех желающих студентов; Компьютерные симуляции для демонстрации различных механических процессов.
3. Текущий контроль за деятельностью студентов осуществляется в основном на практических занятиях при дискуссии о результатах выполненных практических работ.

11. Оценочные средства (ОС).

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

Оценочные средства текущего контроля — задачи на практических занятиях.

Форма проведения промежуточной аттестации — дифференцированный зачет.

Варианты задач

1. Вычислить энергию скалярного поля.
2. Вычислить матричный элемент рассеяния $2 \rightarrow 2$ с использованием теоремы Вика.

Перечень контрольных вопросов

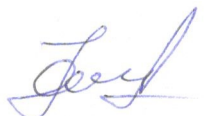
1. Примеры преобразований, сохраняющих действие.
2. Каноническое квантование, как оно связано с классической механикой?
3. Релятивистская схема квантования – суть подхода.
4. Квантование скалярного поля.
5. Квантование массивного векторного поля.
6. Квантование электромагнитного поля, индефинитная метрика.
7. Квантование поля Дирака.
8. Лагранжианы взаимодействия.
9. Калибровочная инвариантность, лагранжиан квантовой электродинамики.
10. Неабелева калибровочная инвариантность, лагранжиан КХД.
11. Матрица рассеяния.
12. Теоремы Вика.
13. Правила Фейнмана вычисления матричных элементов в импульсном представлении.
14. Калибровочная инвариантность матричных элементов.
15. Какова размерность лагранжиана?

Примерный перечень вопросов и заданий к зачету

1. Теорема Нетер. Энергия-импульс.
2. Теорема Нетер. Момент количества движения и спин.
3. Теорема Нетер. Вектор тока и заряд.
4. Свободное скалярное поле, решение уравнения Клейна-Гордона.
5. Свободное скалярное поле, энергия поля.
6. Массивное векторное поле, лагранжиан и уравнения движения.
7. Массивное векторное поле, переход к локальному реперу.
8. Электромагнитное поле, лагранжиан и уравнения движения.
9. Электромагнитное поле, калибровочная инвариантность, условие Лоренца.
10. Электромагнитное поле, переход к локальному реперу.

11. Поле Дирака, лагранжиан, уравнения движения.
12. Решение уравнения Дирака, разложение по спиновым состояниям.
13. Квантование, корпускулярная трактовка чисел заполнения.
14. Представление Шредингера и Гайзенберга, каноническое квантование.
15. Релятивистская схема квантования полей.
16. Перестановочные соотношения, физический смысл частотных компонент.
17. Квантование по Ферми-Дираку и Бозе-Эйнштейну.
18. Квантование электромагнитного поля.
19. Квантование поля Дирака.
20. Лагранжианы взаимодействия, типы взаимодействий.
21. Локальная калибровочная инвариантность, лагранжиан КЭД.
22. Локальная калибровочная инвариантность, лагранжиан КХД.
23. Представление взаимодействия, S-матрица.
24. Теоремы Вика.
25. Функции Грина скалярного поля.
26. Функции Грина векторного и спинорного полей.
27. Правила Фейнмана КЭД.

Разработчики:



профессор кафедры теоретической физики

А.Е. Калошин

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики

«31» мая 2017 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.