

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный педагогический университет»
(ТГПУ)



УТВЕРЖДАЮ
А.Н. Макаренко
декан Физико-математического факультета
«30» августа 2013 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

M.2.B.02. «Квантовая теория поля»

ТРУДОЕМКОСТЬ (В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ) – 3

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Магистерская программа: теоретическая физика

Степень (квалификация) выпускника: магистр

1. Цели изучения дисциплины

Курс «Квантовая теория поля» направлен на знакомство с фундаментальными принципами, математическими методами и основными результатами квантовой теории поля. Данный курс является логическим продолжением курса «Классические поля» и обеспечивает понимание достижений современной теоретической физики и тенденций ее развития. Материал данного курса может быть использован при подготовке магистерской диссертации и в последующей научной работе.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы магистратуры. Курс «Квантовая теория поля» относится к профессиональному циклу и входит в состав дисциплин устанавливаемых ВУЗом. Преподаётся курс «Квантовая теория поля» в третьем семестре. Для изучения данного курса необходимы знания по теоретической физике, которые были получены студентами в первом и втором семестре магистратуры. Материал данного курса может быть использован при выполнении магистерской диссертации и в последующей научной работе в области теоретической физики высоких энергий.

3. Требования к уровню освоения программы.

Выпускник магистратуры должен обладать следующими компетенциями.

Общекультурными (ОК): ОК-1, ОК-5, ОК-7, ОК-10;

Профессиональными (ПК): ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10.

В процессе изучения курса «Квантовая теория поля» студент должен:

знать основные модели теории различных полей, каноническое квантование свободных полевых моделей, функциональные методы квантовой теории поля, включая функциональный интеграл в калибровочной теории поля и технику эффективного действия, а также знать структуру фейнмановских диаграмм в различных полевых моделях;

уметь уметь вычислять однопетлевые контурчлены, выводить уравнения ренормализационной группы, находить однопетлевой эффективный потенциал;

обладать навыками применения общих методов к решению конкретных задач.

4. Общая трудоемкость дисциплины 3 зачетных единицы и виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (в соответствии с учебным планом) (час)	Распределение по семестрам (в соответствии с учебным планом) (час)
	108	
Аудиторные занятия	30	30
Лекции	20	20
Практические занятия	10	10
Семинары		
Лабораторные занятия		
Другие виды аудиторных работ (занятия в интерактиве – не менее 30%)	10	10
Другие виды работ		
Самостоятельная работа	51	51
Курсовой проект (работа)		
Реферат		
Расчетно-графические работы		
Формы текущего контроля		
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом	27	экзамен

5. Содержание учебной дисциплины:

5.1 Разделы учебной дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (темы)	Аудиторные часы				Самостоятельная работа (час)
		ВСЕГО	Лекции	Практические (семинары)	В т.ч. интерактивные формы обучения (не менее 30%)	
1.	Каноническое квантование свободных полей	6	4	2	2	8
2.	Матрица рассеяния и функции Грина	6	4	2	3	9
3.	Ковариантная теория возмущений	3	2	1	3	8
4	Теория возмущений в квантовой электродинамике	3	2	1		9
5.	Квантовая теория поля Янга-Миллса	6	4	2	6	8
6	Перенормировка и ренормализационная группа	6	4	2		9
	Итого	30/ 1,25 зач.ед	20	10	10/34%	51

5.2. Содержание разделов дисциплины:

1. Каноническое квантование свободных полей

Принципы канонического квантования, координатное и импульсное представления, шредингерова и гейзенбергова картины динамики. Процедура канонического квантования в теории поля. Каноническое квантование вещественного и комплексного скалярных полей, операторы рождения и уничтожения, фоковский базис, операторы энергии-импульса и момента импульса. Квантование электромагнитного поля, лагранжиан Ферми, операторы рождения и уничтожения, векторы поляризации, физические и нефизические состояния, структура физического состояния. Квантование спинорного поля, динамические инварианты, ортогональность и полнота решения уравнения Дирака, оператор заряда, операторы рождения и уничтожения, частицы и античастицы, фоковский базис.

2. Матрица рассеяния и функции Грина

Матрица рассеяния, определение S-матрицы, представление взаимодействия, T-произведение, формула Дайсона, n-точечные функции Грина, функции Грина в представлении взаимодействия. Пропагатор скалярного поля. Представление матричного элемента оператора эволюции функциональным интегралом. Оператор эволюции в представлении Баргмана-Фока. Матрица рассеяния. Функции Грина. Производящий функционал функций Грина. Производящий функционал матрицы рассеяния. Функциональные интегралы и их свойства. Представление производящего функционала функций Грина функциональным интегралом.

3. Ковариантная теория возмущений

Ряд теории возмущений для функций Грина и фейнмановские диаграммы. Фейнмановские диаграммы в импульсном представлении. Связанные функции Грина. Вершинные функции Грина и эффективное действие. Петлевое разложение. Эффективный потенциал Коулмана-Вайнберга.

4. Теория возмущений в квантовой электродинамике

Понятие об алгебре и анализе с антикоммутирующими числами. Производящий функционал функций Грина свободного спинорного поля. Производящий функционал функций Грина свободного электромагнитного поля. Диаграммная техника в квантовой электродинамике.

5. Квантовая теория калибровочных полей

Понятие о калибровочных теориях общего вида. Калибровочная инвариантность и физические величины. Функциональный интеграл для калибровочных теорий. Духи Фаддева-Попова. Эффективное действие для калибровочных теорий. BRST-симметрия. Фейнмановские диаграммы в теории поля Янга-Миллса. Тождества Славнова-Тейлора в калибровочных теориях. Фейнмановские диаграммы в квантовой гравитации.

6. Перенормировка и ренормализационная группа

Расходимости и способы регуляризация фейнмановских диаграмм. Вычитательная процедура и контрчлены. Индекс расходимости диаграммы. Перенормируемые и неперенормируемые теории. Условия нормировки. Перенормировка теории поля Янга-Миллса. Проблема расходимостей в квантовой гравитации. Уравнения ренормализационной группы. Асимптотическая свобода.

5.3. Лабораторный практикум: не предусмотрен учебным планом

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

6.1 Основная литература:

1. Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков. Кvantovye polya, M., Fizmatlit, 2011. (ЭБС «Книга-Фонд»)
2. Бухбиндер, И.Л. Модели теории поля. Учебное пособие/И.Л. Бухбиндер. – Томск: ТГПУ, 2012, 72 с

6.2. Дополнительная литература:

1. Рубаков, В. А.. Классические калибровочные поля. Бозонные теории /В. А. Рубаков.-Изд. 2-е, испр. и доп.-М.:КомКнига, 2005.- 204 с..
2. Рубаков, В. А.. Классические калибровочные поля. Теории с фермионами. Некоммуникативные теории [Текст]/В. А. Рубакова.-Изд. 2-е, испр. и доп.-М.:КомКнига, 2005, -236 с.
3. Бухбиндер, И.Л. Релятивистская симметрия/И.Л. Бухбиндер. – Томск: ТГПУ, 2012, 96 с.
4. «Успехи физических наук». (Периодическое издание)

6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины:

1. <http://lib.mexmat.ru/books/3552> <http://lib.mexmat.ru/books/6841>
2. <http://lib.mexmat.ru/books/6791> <http://lib.mexmat.ru/books/6845>
3. <http://lib.mexmat.ru/books/6146> <http://lib.mexmat.ru/books/6147>
4. <http://www.twirpx.com/file/224876/>
5. <http://www.twirpx.com/file/491642/>
6. <http://www.knigafund.ru/> --электронная библиотечная система КнигаФонд

6.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование раздела (темы) учебной дисциплины (модуля)	Наименование материалов обучения, пакетов программного обеспечения	Наименование технических и аудиовизуальных средств, используемых с целью демонстрации материалов
1	Ряд теорий возмущений для функций Грина и фейнмановские диаграммы.	презентация	мультимедийное оборудование

7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

7.1. Методические рекомендации преподавателю

В начале курса преподаватель должен огласить список рекомендованной для изучения литературы, особо отметив те источники, которые наиболее близки к читаемому курсу. Также следует предупредить студентов, что некоторые темы будут ими разбираться самостоятельно. Предлагаемые студентам для самостоятельного изучения темы должны развивать их умение работать с литературой и базироваться на уже полученных знаниях.

7.2. Методические рекомендации для студентов

Студентам предлагается использовать рекомендованную литературу для более прочного усвоения учебного материала, изложенного на лекциях. По каждой теме дается большой цикл задач для самостоятельного решения с последующим отчетом, оценки за которые учитываются при выставлении оценок на экзаменах.

8. Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

8.1. Тематика рефератов. Не предусмотрено учебным планом.

8.2. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.

1. Каноническое квантование комплексного скалярного поля.
2. Каноническое квантование электромагнитного поля в кулоновской калибровке.
3. Каноническое квантование лианеризованного гравитационного поля.
4. Уравнение движения для пропагатора спинорного поля.
5. Уравнение движения для пропагатора электромагнитного поля в лоренцевской калибровке.
6. Пропагатор гравитационного поля.
7. Гауссовские функциональные интегралы.
8. Замена переменных в функциональном интеграле по бозе – и ферми полям.
9. Метод собственного времени и вычисление однопетлевого эффективного потенциала теории скалярного поля.
10. Структура двухпетлевого приближения для эффективного действия.
11. Фейнмановские диаграммы в импульсном представлении.
12. Теорема Фарри.
13. Генераторы калибровочных преобразований и калибровочных теорий общего вида.
14. Теория антисимметричного тензорного поля второго ранга.
15. БРСТ преобразования в теории гравитации.
16. Тождества Уорда для эффективного действия в теории гравитации.
17. Вычисление однопетлевых диаграмм в рамках размерной регуляризации.
18. Вычисление индекса расходимости в пространстве произвольной размерности.
19. Вычисление бета-функций в теории скалярного поля.
20. Вычисление бета-функций в квантовой электродинамике.
21. Вычисление бета-функций в теории поля Янга-Миллса

8.3. Вопросы для самопроверки

1. Уравнения движения для операторов в картине Гейзенберга для свободного вещественного скалярного поля.
2. Коммутационные соотношения для операторов рождения и уничтожения в теории вещественного скалярного поля.
3. Гамильтониан действительного скалярного поля.
4. Оператор импульса действительного скалярного поля.
5. Уравнения движения для операторов свободного комплексного скалярного поля.
6. Гамильтониан комплексного скалярного поля.
7. Оператор импульса комплексного скалярного поля.
8. Оператор заряда комплексного скалярного поля.
9. Коммутационные соотношения для операторов уничтожения и рождения в теории свободного спинорного поля.
10. Гамильтониан свободного спинорного поля.

11. Оператор импульса спинорного поля.
12. Оператор заряда спинорного поля.
13. Коммутационные соотношения в теории электромагнитного поля.
14. Гамильтониан и оператор импульса электромагнитного поля.
15. Определение S-матрицы.
16. Определение функций Грина.
17. Производящий функционал функций Грина.
18. Производящий функционал связных функций Грина.
19. Производящий функционал одностично неприводимых функций Грина.
20. Представление производящего функционала функций Грина функциональным интегралом.
21. Фейнмановские диаграммы.
22. Петлевое разложение.
23. Антикоммутирующие переменные.
24. Дифференцирование и интегрирование по антикоммутирующим переменным.
25. Функциональный интеграл по антикоммутирующим полям.
26. Пропагатор спинорного поля.
27. Пропагатор электромагнитного поля.
28. Калибровочная теория общего вида.
29. Функциональный интеграл для калибровочных теорий. Духи Фаддеева-Попова.
30. БРСТ преобразования.
31. БРСТ тождества для эффективного действия.
32. Регуляризация.
33. Размерная регуляризация.
34. Индекс расходимости фейнмановских диаграмм.
35. Уравнения ренормализационной группы.
36. Асимптотическая свобода.

8.4. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (к экзамену):

1. Каноническое квантование вещественного скалярного поля.
2. Каноническое квантование комплексного скалярного поля.
3. Каноническое квантование спинорного поля.
4. Каноническое квантование электромагнитного поля в лоренцевской калибровке.
5. Каноническое квантование лианеризованного гравитационного поля.
6. S-матрица и функции Грина.
7. Представление матричного элемента оператора эволюции функциональным интегралом.
8. Представление Баргмана-Фока.
9. Функции Грина. Производящий функционал функций Грина.
10. Связные функции Грина. Производящий функционал связных функций Грина.
11. Эффективное действие.
12. Представление производящего функционала функций Грина функциональным интегралом.
13. Производящий функционал S-матрицы.
14. Теория возмущений для производящего функционала функций Грина и Фейнмановские диаграммы.
15. Фейнмановские диаграммы в импульсном представлении и Фейнмановские правила.
16. Петлевое разложение для эффективного действия.
17. Эффективный потенциал и его вычисление в однопетлевом приближении методом собственного времени.
18. Калибровочные теории общего вида.
19. Теория антисимметричного тензорного поля второго ранга.
20. Функциональный интеграл для калибровочных теорий. Процедура Фаддеева-Попова.

21. Духи Фаддеева-Попова.
22. БРСТ преобразования.
23. Тождества Уорда для калибровочных теорий.
24. Фейнмановские диаграммы в теории гравитации
25. Расходимости фейнмановских диаграмм.
26. Виды регуляризаций.
27. Размерная регуляризация.
28. Анализ однопетлевых расходимостей и их устранение.
29. Анализ двухпетлевых расходимостей и их устранение.
30. Индекс расходимости.
31. Перенормируемые и неперенормируемые теории.
32. Перенормировка теории поля Янга-Миллса.
33. Проблема расходимостей в теории гравитации.
34. Условия нормировки.
35. Уравнение ренормализационной группы для эффективного действия.
36. Уравнения для эффективных зарядов (бегущих констант связи) и их анализ.

8.5. Темы для написания курсовых работ. Не предусмотрено учебным планом.

8.6. Формы контроля самостоятельной работы: Проверка индивидуальных заданий, контрольный опрос (на коллоквиумах устный или письменный), выполнение контрольных работ.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению 011200.68 Физика.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена:
д. ф.-м. н., профессор



И.Л. Бухбиндер

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики, протокол № 9 от 30 августа 2013 г.

Заведующий кафедрой теоретической физики



И.Л. Бухбиндер

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена УМК физико-математического факультета, протокол № 1 от 30 августа 2013 г.

Председатель УМК физико-математического факультета



З.А. Скрипко