

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
(университет «Дубна»)
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра теоретической физики**

УТВЕРЖДАЮ

проректор по учебной работе

_____ С.В. Моржухина

« ____ » _____ 2011 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: «Квантовая теория поля. Часть 2»

Магистерская программа 010700.68

«Теоретическая и математическая физика»

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: *магистр*

Курс 5, семестр 9

г. Дубна, 2011 г.

1. Требования ГОС ВПО

Состав и содержание **специальных дисциплин** определяется требованиями специализации магистра физики при реализации конкретной магистерской программы

2. Аннотация

Программа дисциплины «Квантовая теория поля. Часть 2» составлена в соответствии ГОС ВПО для подготовки магистров по направлению: **010700.68** «Физика», магистерская программа «Теоретическая и математическая физика». Курс «Квантовая теория поля» входит в федеральный компонент цикла специальных дисциплин (СД(М).Ф).

Место курса в профессиональной подготовке бакалавров

Изучение дисциплины «Квантовая теория поля. Часть 2» на курсы бакалавриата «Теоретическая физика», «Физика фундаментальных взаимодействий», «Квантовая теория поля» (часть 1).

Полученные знания необходимы студентам при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы и при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

Формы работы студентов в ходе изучения дисциплины предусмотрены семинарские занятия, выполнение домашних работ. Отдельные темы теоретического курса прорабатываются студентами самостоятельно в соответствии с планом самостоятельной работы и конкретными заданиями преподавателя с учетом индивидуальных особенностей студентов.

Самостоятельная работа студентов: подготовка к семинарским занятиям, выполнение домашних работ.

Виды текущего контроля – проверка домашних заданий, контрольных работ, опросы. Текущий контроль проводится, чтобы установить степень усвоения студентами лекционного материала.

Форма промежуточного контроля

Зачет, экзамен

3. Цели и задачи дисциплины.

Цель дисциплины – дать сравнительно элементарное изложение основ квантовой теории поля.

Задача дисциплины - научить пользоваться теоретическим аппаратом физики высоких энергий.

4. Требование к уровню усвоения содержания дисциплины (знания, умения, навыки).

Знать теорему Нетер, тождества Уорда, метод Фадеева-Попова, метод BRST, R-операцию Боголюбова, дифференциальные уравнения ренормгруппы.

Понимать идею спонтанного нарушения симметрии, идею перенормировки.

Владеть техникой размерной регуляризации, перенормировкой теорий с симметриями.

Уметь выполнять преобразования полей, вычислять интегралы в фенмановской параметризации, ренормгрупповые функции, вычислять петлевые диаграммы.

5. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
		9	А
Общая трудоемкость дисциплины	114	114	
Аудиторные занятия	54	54	
Лекции (Л)	34	34	
Семинары (С)	20	20	
Самостоятельная работа (СР)	60	60	
Промежуточная аттестация	зачет, экзамен	зачет, экзамен	

6. Разделы дисциплины

№	Раздел дисциплины (9-й семестр)	Л	С	СР
1.	Преобразование полей.	4	2	10
2.	Калибровочная симметрия.	12	8	20
3.	Регуляризация и перенормировка.	10	6	15
4.	Ренормгруппа.	4	2	10
5.	Дальнейшее развитие теории.	4	2	5
	Всего:	34	20	60

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Преобразование полей. Дискретные симметрии. Преобразования тензорных полей и квантовых операторов. Ковариантность билинейных спинорных комбинаций. Теорема Нетер. Нетеровские заряды как генераторы преобразований. Тензор энергии-импульса. Квантовые операторы 4-х импульса и электрического заряда.

Раздел 2. Калибровочная симметрия. Калибровочные представления. Ковариантная производная. Квантовая электродинамика. Физические и нефизические степени свободы. Фиксация калибровки и калибровочный параметр. Тожества Уорда. Неабелева калибровочная симметрия. Метод Фадеева-Попова. Госты. Лагранжиан квантовой хромодинамики. Метод BRST. Спонтанное нарушение симметрии и метод Хигса.

Раздел 3. Регуляризация и перенормировка. Ультрафиолетовые расходимости. Параметризация фейнмановских интегралов. Примеры регуляризации. Техника размерной регуляризации. Идея перенормировки. Перенормируемые и неперенормируемые теории. Вычитания и контрчлены. Минимальные вычитания. R-операция. Ренормировочные константы и перенормировка заряда. Перенормировка теорий с симметриями. Составные операторы.

Раздел 4. Ренормгруппа. Ренормализационная инвариантность и ренормгруппа. Эффективный заряд. β -функция и дифференциальные уравнения ренормгруппы. Варианты ультрафиолетового поведения эффективного заряда. Асимптотическая свобода. Улучшенная теория возмущений. Параметр Λ и схемная зависимость. Техника вычисления ренормгрупповых функций. Многозарядные теории.

Раздел 5. Дальнейшее развитие теории. Стандартная модель. Общие принципы построения квантово-полевых моделей. Инфракрасные расходимости. Аномалии. Представление Челлена-Лемана. Аналитические свойства амплитуд. Дисперсионные методы. Операторное разложение. Аксиоматика квантовой теории поля. Точно решаемые

модели. Монополи, солитоны и инстантоны. Конформная теория поля. Понятие о теории струн.

Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)
9-ой семестр		
1	1	Упражнения на преобразования полей. Вычисление нётеровских зарядов.
2	2	Свойства ковариантной производной. Вывод лагранжиана скалярной электродинамики
3	2	Пропагатор фотона. Сравн. с методом Гупта-Блейлера.
4	2	Примеры тождеств Уорда. Диаграммный вид тождеств Уорда
5	2	Правила Фейнмана для полей Янга-Миллса, для гостов.
6	2	Нильпотентность. BRST-оператора. Сравнение с методом Фаддеева-Попова.
7	3	Упражнения на применение размерной регуляризации
8	3	Рецепт R-операции. Упр. на нахождение контрчленов
9	4	Упражнения на вычисление бета-функции
10	4	Асимптотика для случая n-хвосток.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература.

1. **Боголюбов Н.Н.** Квантовые поля: Учебное пособие для вузов / Боголюбов Николай Николаевич, Ширков Дмитрий Васильевич. - 3-е изд., доп. - М.: Физматлит, 2005.
2. **Вайнберг С.** Квантовая теория поля. Т.1 : Общая теория / Вайнберг Стивен; Пер. с англ. Я.А.Уржумова и др.; Под ред. В.Ч.Жуковского. - М.: Физматлит, 2003. - 648с. - Предм.указ.:с.636.-Имен.указ.:с.644. - ISBN 5-9221-0403-9.
3. **Пескин М, Шредер Д.** Введение в квантовую теорию поля.- Ижевск-Москва:РХД, 2002.

Дополнительная

4. **Владимиров А.А.** Введение в квантовую теорию поля, электронное учебное пособие кафедры теоретической физики университета «Дубна», Дубна 2010
5. **Румер Ю.Б.** Теория групп и квантовые поля / Румер Юрий Борисович, Фет Абрам Ильич. - 2-е изд. - М.: ЛИБРОКОМ, 2010.
6. **Рамон П.** Теория поля: Современный вводный курс / Рамон П.; Пер.с англ.А.В.Беркова. - Могилев: БИБФИЗМАТ, 1992.

Периодические издания

Успехи физических наук.- М.: РАН, электронные версии статей: <http://ufn.ru/ru/articles/>

Журнал экспериментальной и теоретической физики: - М.: Наука,

Ядерная физика. - М.: Наука

Теоретическая и математическая физика. - М.: Наука, <http://www.mathnet.ru/tmf>

Физика элементарных частиц и атомного ядра.- Изд. ОИЯИ, http://www1.jinr.ru/Pepan/Pepan_rus.html

Интернет-ресурсы

<http://www.slac.stanford.edu/spires/hep/> High-Energy Physics Literature Database

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Не предусмотрено

9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Вопросы по дисциплине «Квантовая теория поля. Часть 2» для экзамена:

1. Теория возмущений на языке континуальных интегралов.
2. Преобразование тензорных полей и квантовых операторов.
3. Теорема Нётер, сохраняющиеся токи и заряды.
4. Тензор энергии импульса.
5. Калибровочная симметрия и фиксация калибровки.
6. Тождества Уорда квантовой электродинамики.
7. Неабелевы калибровочные преобразования.
8. Метод Фадеева-Попова и госты.
9. Метод BRST.
10. Спонтанное нарушение симметрии и механизм Хигса.
11. Расходимости и регуляризация.
12. Перенормировка: вычитание и контрчлены.
13. Перенормируемые и неперенормируемые теории.
14. Перенормировка заряда.
15. Ренормализационная инвариантность и ренормгруппа.
16. Эффективный заряд и β -функция.
17. Асимптотическая свобода.
18. Параметр Λ и схемная зависимость.
19. Техника вычислений ренормгрупповых функций.
20. Инфракрасные расходимости.
21. Аномалии.
22. Представление Челлена-Лемана.

IV. Учебно-методические материалы

Методические указания преподавателю

В основу программы положены учебники Н. Н. Боголюбова, Д.В. Ширкова «Квантовые поля» и учебное пособие кафедры теоретической физики А.А. Владимиров «Введение в квантовую теорию поля». На практических занятиях разбираются задания «Сентябрь», «Октябрь», «Ноябрь», «Декабрь» к учебнику Н. Н. Боголюбова, Д.В. Ширкова и некоторые формулы, данные на лекциях.

Используемые методы преподавания: лекционные занятия, семинары по решению задач. Содержание занятий определяется календарным планом. Студенту, пропустившему практические занятия, преподаватель должен выдать задачи по пропущенной теме. Контроль проводится в виде сдачи всеми без исключения студентами домашних задач. В материалы еженедельных устных опросов студентов включаются и темы, предложенные преподавателем для самостоятельной подготовки.

Для контроля усвоения данной дисциплины учебным планом предусмотрен зачет в 9 семестре. К зачету студент должен вычислить предложенные преподавателем процессы (однопетлевые диаграммы Фейнмана) и ответить на дополнительные вопросы.

Методические указания студентам.

Студенты должны осознать, что знание квантовой теории поля подразумевает практическое умение вычислять вероятности различных процессов физики частиц. Поэтому студенты должны самостоятельно читать книги и разбирать решения задач по каждой теме.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:

Рабочей программой курса «Квантовая теория поля. Часть 2» предусмотрена самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к практическим занятиям;

Самостоятельную работу, предусмотренную программой дисциплины необходимо распределить на весь семестр, периодически возвращаясь к пройденному материалу. Хорошим упражнением (повышенной трудности) является детальное сравнение логики изложения конкретного вопроса в пособии А.А.Владимирова с изложением в учебниках Боголюбова-Ширкова и Вайнберга. По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать обучающие программы и Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, сайтах, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

Правила выполнения и оформления домашних работ:

В процессе самостоятельного изучения курса «Квантовая теория поля» каждый студент должен выполнить домашние работы с защитой у преподавателя. Эти работы позволяют определить степень усвоения студентом учебного материала и предусматривают:

1. Самостоятельную работу с учебной литературой.
2. Решение задач на закрепление материала по различным разделам курса.

При выполнении работ студент должен придерживаться следующих требований:

1. Работу рекомендуется выполнять в отдельной тетради. На титульном листе указать номер

- группы, Ф.И.О. студента.
2. Вначале поставить дату, тему работы. Перед изложением ответа необходимо написать полный текст вопроса. Для возможных замечаний преподавателя нужно оставить поля.
 3. Работа должна быть выполнена аккуратно, почерк не должен вызывать затруднений при прочтении работы.
 4. При оформлении задач необходимо написать краткое условие задачи. Каждый этап вычислений рекомендуется пронумеровать и дать к нему пояснение.

Если студент получил неудовлетворительную оценку, то работа возвращается студенту для исправления и доработки, после чего снова должна быть представлена на проверку.

Студенты, не выполнившие домашние, проверочные работы, не допускаются к зачетной сессии.

V. Материалы, устанавливающие содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Вопросы по дисциплине «Квантовая теория поля. Часть 2» для экзамена:

1. Теория возмущений на языке континуальных интегралов.
2. Преобразование тензорных полей и квантовых операторов.
3. Теорема Нётер, сохраняющиеся токи и заряды.
4. Тензор энергии импульса.
5. Калибровочная симметрия и фиксация калибровки.
6. Тождества Уорда квантовой электродинамики.
7. Неабелевы калибровочные преобразования.
8. Метод Фадеева-Попова и госты.
9. Метод BRST.
10. Спонтанное нарушение симметрии и механизм Хигса.
11. Расходимости и регуляризация.
12. Перенормировка: вычитание и контрчлены.
13. Перенормируемые и неперенормируемые теории.
14. Перенормировка заряда.
15. Ренормализационная инвариантность и ренормгруппа.
16. Эффективный заряд и β -функция.
17. Асимптотическая свобода.
18. Параметр Λ и схемная зависимость.
19. Техника вычислений ренормгрупповых функций.
20. Инфракрасные расходимости.
21. Аномалии.
22. Представление Челлена-Лемана.