

**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»

Направление 010700.62 «ФИЗИКА»

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: бакалавр

Курс 4, семестр 8

г. Дубна, 2011 г.

## 1. Требования ГОС ВПО

отсутствуют

## 2. Аннотация

Программа дисциплины «Квантовая теория поля» составлена в соответствии ГОС ВПО для подготовки бакалавров по направлению: **010700.62** «Физика». Курс «Квантовая теория поля» входит в региональный компонент цикла специальных дисциплин (СД.Р).

### Место курса в профессиональной подготовке бакалавров

Изучение дисциплины «Квантовая теория поля» опирается на курсы математического анализа, линейной алгебры, теории вероятности, методов математической физики, электродинамики, квантовой теории.

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.

## 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** коммутационные соотношения для разных типов полей, выражение амплитуды физического процесса через S-матрицу, теорему Вика, правила Фейнмана,

**Понимать** принципы построения свободных лагранжианов основных типов полей и лагранжианов взаимодействия, процедуру канонического квантования и континуальное интегрирование.

**Уметь** выводить законы сохранения из преобразований симметрии, вычислять вероятности простейших процессов с участием элементарных частиц (древесные диаграммы Фейнмана)

## 5. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
		7	8
Общая трудоемкость дисциплины	98		98
Аудиторные занятия	72		72
Лекции (Л)	36		36
Семинары (С)	36		36
Самостоятельная работа (СР)	26		26
Промежуточная аттестация	зачет		зачет

## 6. Разделы дисциплины

№	Раздел дисциплины (6-й семестр)	Л	С	СР
1.	Введение. Структура квантовой теории поля.	2	2	1
2.	Нейтральное скалярное поле. Лагранжиан. Уравнения движения.	2	2	1
3.	Гамильтониан. Пространство Фока.	2	2	1
4.	Заряженное скалярное поле. Античастицы.	2	2	1
5.	Спинорное поле. Гамма-матрицы.	2	2	2
6.	Свойства спиноров. Лагранжиан спинорного поля. Уравнение Дирака.	2	2	1
7.	Векторные поля.	2	2	1
8.	S-матрица. T-экспонента.	2	2	1
9.	Связь амплитуды и вероятности процесса.	2	2	1
10.	Лагранжиан взаимодействия. Теория возмущений.	2	2	1
11.	Коммутаторы полей. Пропагаторы.	2	2	2
12.	Теорема Вика. Диаграммы Фейнмана.	2	2	2
13.	Правила Фейнмана.	2	2	2
14.	Производящие функционалы. n-хвостки.	2	2	2
15.	Определение континуального интеграла.	2	2	2
16.	Свойства континуальных интегралов.	2	2	1
17.	Преобразование полей и теорема Нетер	2	2	2
18.	Зачетная неделя	2	2	2
	Всего:	36	36	26

## Содержание разделов дисциплины

1. Введение. Структура квантовой теории поля.
2. Нейтральное скалярное поле. Лагранжиан. Принцип наименьшего действия. Уравнения движения. Массовая поверхность. Операторы рождения и уничтожения. Коммутационные соотношения. Одновременные коммутационные соотношения для полей.
3. Гамильтониан. Гайзенберговское представление. Пространство Фока. Оператор числа частиц. Вакuumное состояние.
4. Заряженное скалярное поле. Античастицы. Закон сохранения заряда
5. Спинорное поле. Гамма-матрицы. Алгебра гамма-матриц. След произведения гамма-матриц

6. Свойства спиноров. Лагранжиан спинорного поля. Уравнение Дирака.
7. Векторные поля. Лагранжиан векторного поля. Безмассовое и массивное векторные поля. Поляризации. Условие поперечности. Уравнения Максвелла.
8. S-матрица. T-экспонента. In- и out-состояния. Причинность. Унитарность. T-упорядочение
9. Связь амплитуды и вероятности процесса. Фазовый объем для случая рассеяния.
10. Лагранжиан взаимодействия. Примеры лагранжианов взаимодействия. Теория возмущений.
11. Вакуумные средние от T-произведений. Коммутаторы полей. Пропагаторы (причинные функции Грайна). Нормальное упорядочение.
12. Теорема Вика. Диаграммы Фейнмана.
13. Правила Фейнмана. Суммирование по поляризациям.
14. Производящие функционалы. N-хвостки. Вариационные производные. Связные и одночастично неприводимые диаграммы.
15. Определение континуального интеграла. Вычисление гауссова функционального интеграла.
16. Свойства континуальных интегралов. Замена переменной. Континуальное обобщение дельта-функции
17. Преобразование полей и теорема Нетер. Калибровочные преобразования. Лоренц-преобразования. Тензор энергии-импульса. Локальные и глобальные преобразования.

#### Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)
<b>8-ой семестр</b>		
1	1	Релятивистский формализм. Преобразования Лоренца.
2	2	Операторы рождения и уничтожения.
3	3	Одновременные коммутаторы полей. Оператор энергии.
4	4	Вычисление оператора заряда
5	5	Вывод свойств гамма-матриц.
6	6	Вычисление операторов заряда и энергии спинорного поля.
7	7	Свойства векторов поляризации.
8	8	T-упорядочение.
9	9	Фазовый объем для случая рассеяния.
10	10	Вакуумные средние от T-произведений.
11	11	Вычисление пропагатора скалярного поля.
12	12	Комбинаторные множители диаграмм
13	13	Суммирование по поляризациям.
14	14	Вариационная производная. Связные диаграммы.
15	15	Сопоставление операторного и континуального подходов.
16	16	Континуальная дельта-функция.
17	17	«Распутывание экспонент»
18	18	Зачетная неделя

## **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.

### **Дополнительная**

3. **Владимиров А.А.** Введение в квантовую теорию поля, электронное учебное пособие кафедры теоретической физики университета «Дубна», Дубна 2010
- 4.

## **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, выносимые на зачет**

1. Нейтральное скалярное поле. Лагранжиан. Уравнения движения.
2. Гамильтониан. Пространство Фока.
3. Заряженное скалярное поле. Античастицы.
4. Спинорное поле. Гамма-матрицы.
5. Свойства спиноров. Лагранжиан спинорного поля. Уравнение Дирака.
6. Векторные поля. Лагранжиан векторного поля. Уравнения Максвелла
7. S-матрица. T-экспонента.
8. Связь амплитуды и вероятности процесса.
9. Лагранжиан взаимодействия. Теория возмущений.
10. Коммутаторы полей. Пропагаторы.
11. Теорема Вика. Диаграммы Фейнмана.
12. Правила Фейнмана.
13. Производящие функционалы. n-хвостки.
14. Определение континуального интеграла.
15. Свойства континуальных интегралов.
16. Преобразование полей и теорема Нетер