

Специальные главы квантовой теории поля

Лекторы:

Sergei Gavrilov



Язык:

English

Трудоемкость:

Образовательная программа:

Quantum Materials

1

Пререквизиты:

Электродинамика

Квантовая механика

Математическая физика

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
32		
*1 академический час = 45 минутам		

Курс вводит в основы квантовой теории поля как универсального формализма для описания квантовых взаимодействий. Рассматриваются каноническое квантование скалярных, спинорных и векторных полей, симметрии и законы сохранения, а также пропагаторы и дискретные преобразования.

Изучаются методы теории возмущений: представление взаимодействия, построение S-матрицы, теорема Вика, техника фейнмановских диаграмм и правила Фейнмана для фермионных и электромагнитных полей. Обсуждаются спонтанное нарушение симметрии, теорема Голдстоуна и квантование в различных калибровках.

Курс формирует математический и вычислительный аппарат, необходимый для изучения стандартной модели, квантовой хромодинамики и современных теорий взаимодействий.

This course introduces the foundations of quantum field theory as a universal framework for describing quantum interactions. Topics include canonical quantization of scalar, spinor, and vector fields, symmetries and conservation laws, as well as propagators and discrete transformations.

The course covers perturbation theory methods: the interaction picture, construction of the S-matrix, Wick's theorem, Feynman diagram techniques, and Feynman rules for fermionic and electromagnetic fields. Spontaneous symmetry breaking, the Goldstone theorem, and quantization in different gauges are also discussed.

Students will acquire the mathematical and computational tools necessary for further study of the Standard Model, quantum chromodynamics, and modern interaction theories.

Содержание курса

Structure

Структура курса

Л.1. Введение (мотивация, область применения, связь с квантовой механикой, связь с квантовой теорией систем многих частиц, пространство Фока).

Л.2. Обзор формализма классической теории поля, используемого для формулировки КТП (лагранжев формализм, гамильтонов формализм, теорема Нетер).

Л.3-4 Каноническое квантование поля Клейна-Гордона. Вещественное поле и комплексное поле.

Л.5-6. Преобразования Лоренца для поля спина $\frac{1}{2}$. Уравнение Дирака. Уравнение Вейля. Решения уравнения Дирака для свободных частиц. Матрицы Дирака. Билинейные формы с дираковскими спинорами.

Л.7-8. Квантование поля Дирака. Связь спина со статистикой. Простейший пример канонического квантования систем со связями (скобки Дирака). Основные характеристики квантового поля Дирака. Дираковский пропагатор. Дискретные симметрии в теории дираковского поля.

Л.9. Линейная сигма модель. Теорема Голдстоуна.

Л.10. Квантование электромагнитного поля в кулоновской калибровке. Квантование в лоренцевской калибровке. Госты.

Л.11-13. Теория возмущений для взаимодействующих полей на примере теории ϕ^4 . Представление взаимодействия. S-матрица. Двухточечные корреляционные функции. Теорема Вика. Фейнмановские диаграммы.

Л.14-16. Фейнмановские правила для фермионов. Фейнмановские правила для квантовой электродинамики.

L.1. Introduction (motivation, field of application, relation to quantum mechanics, relation to quantum many-body theory, Fock space).

L.2. Review of the classical field theory formalism used for formulating quantum field theory (Lagrangian formalism, Hamiltonian formalism, Noether's theorem).

L.3-4. Canonical quantization of the Klein-Gordon field. Real field and complex field.

L.5-6. Lorentz transformations for a spin- $\frac{1}{2}$ field. Dirac equation. Weyl equation. Solutions of the Dirac equation for free particles. Dirac matrices. Bilinear forms with Dirac spinors.

L.7-8. Quantization of the Dirac field. Spin-statistics connection. Simplest example of canonical quantization for systems with constraints (Dirac brackets). Main characteristics of the quantum Dirac field. Dirac propagator. Discrete symmetries in the theory of the Dirac field.

L.9. Linear sigma model. Goldstone's theorem.

L.10. Quantization of the electromagnetic field in the Coulomb gauge. Quantization in the Lorentz gauge. Ghosts.

L.11-13. Perturbation theory for interacting fields using the ϕ^4 theory as an example. Interaction picture. S-matrix. Two-point correlation functions. Wick's theorem. Feynman diagrams.

L.14-16. Feynman rules for fermions. Feynman rules for quantum electrodynamics.