Gauge Field Theory

Лекторы:
Ivan Shelykh

Язык:
Русский

Трудоемкость:
4 з.е.

Форма контроля:
Экзамен

Образовательная программа:
Applied and theoretical physics
6 семестр
Advanced Quantum and Nanophotonic Systems
2 семестр

Пререквизиты:
Методы математической физики
Квантовая механика
Уравнения математической физики
Дифференциальные уравнения

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

Учебная дисциплина «Теория калибровочных полей» ставит своей целью изучение как некоторых общих методов теории поля, так и их приложений в области физики высоких энергий и физики конденсированного состояний. В основе изложения лежит принцип калибровочной инвариантности. Абелевы и неабелевы калибровочные поля широко используются в современной теоретической физике, в частности в теории элементарных взаимодействий, где на их основе строится Стандартная модель. Курс ставит своей задачей познакомить студентов с принципом построения калибровочных моделей теории поля и с особенностями канонического формализма в теории калибровочных полей. В нем детально рассматривается электрослабый сектор Стандартной модели, кратко затрагивается описание сильных взаимодействий и вопрос об описании нейтрино. Также рассматривается применение методов физики высоких энергий в физике конденсированного состояний

Содержание курса

6 семестр

Теория калибровочных полей

Структура курса

Разделы	Лекции (ак. ч.)	Практика (ак. ч.)
1. Вводная часть		
1.1.Нерелятивистская волновая механика как классическая теория поля. Лагранжиан уравнения Шредингера 1.2. Типы релятивистских полей и их лагранжианы. Поколения частиц в Стандартной Модели 1.3. Релятивистская и калибровочная инвариантность	4	4
2. Свободные бозонные поля		
2.1. Поле невзаимодействующих скалярных бозонов. Уравнение Клейна-Гордона, закон сохранения 4-тока. U(1) калибровочная инвариантность 2.2. Поле Хиггса. Спонтанное нарушение симметрии, Голдстоуновский и Хиггсовский бозоны 2.3. Свободное векторное поле. Электромагнитное поле (краткое повторение), поле массивных векторных бозонов, лагранжиан Прока	4	4
3. Свободные фермионные поля		
3.1. Уравнение Дирака, интуитивный вывод 3.2. Уравнение Дирака в релятивистски ковариантной форме, матрицы Дирака. Сопряженные спиноры, Лагранжиан поля Дирака, вектор 4-тока 3.3. Представление Дирака и представление Вейля. Спиральность и киральность, левые и правые фермионы 3.4. Решения уравнения Дирака для свободной частицы. Случай массивных и безмассовых частиц. Частицы и античастицы 3.5. Преобразования C, P и T симметрии 3.6. Орбитальный, спиновый и полный угловой момент 3.7. Уравнение Дирака в физике конденсированного состояния	6	6
4. Взаимодействующие поля		
4.1. Локальная и глобальная U(1) калибровочная инвариантность, U(1) калибровочное поле, вектор 4-тока 4.2. Взаимодействие поля Клейна-Гордона и поля Хиггса с U(1) калибровочным полем. Абелев механизм генерации массы. Приложения к электродинамике верхпроводников 4.3. Взаимодействие Дираковского поля с U(1) калибровочным полем. Нерелятивистский предел уравнения Дирака, магнитный момент электрона и спин-орбитальное взаимодействие	4	4
5. Неабелевы калибровочные поля		
5.1. Локальная и глобальная SU(2) калибровочная инвариантность, SU(2) калибровочное поле 5.2. SU(2) калибровочные преобразования и тензор поля для полей Янга-Миллса 5.3. Классические уравнения движения для полей Янга-Миллса 5.3. Неабелевы калибровочные поля в физике конденсированного состояния	4	4
6. Электрослабая теория Вайнберга-Салама		
6.1. Бозонный сектор электрослабой модели. Безмассовые фотоны и массивные Z и W бозоны. Хиггсовский бозон 6.2. Фермионный сектор электрослабой модели 6.3. Взаимодействие Юкавы, генерация массы лептонов 6.4. Нарушение CP инвариантности в слабых взаимодействиях 6.5. Теория слабых взаимодействий Ферми	6	6
7. Физика нейтрино		
7.1. Майорановские фермионы и безмассовые нейтрино 7.2. Качельный механизм генерации массы нейтрино 7.3. Нейтринные осцилляции	2	2
8. Кваркский сектор стандартной модели		

8.1. Поколения кварков, цвета 8.2. Лагранжиан кварковского сектора, SU(3) калибровочное поле сильного взаимодействия, матрицы Гелл Манна, глюоны 8.3. Смешение поколений кварков, матрица Каббибо-Кобаяши-Маскава	2	2

Рекомендуемые ресурсы

Рекомендованная литература:

1. Рубаков В.А., Классические калибровочные поля. — М.: Эдиториал УРСС. — 1999. — 336 с.
2. Степаньянц К.В., Классическая теория поля. -- М.: Наука.- 2009. - 544 с.
3. Окунь Л.Б., Физика элементарных частиц. — М.: Наука. — 1988. — 288 с.
4. Ахиезер А.И., Пелетминский С.В., Поля и фундаментальные взаимодействия. — Киев: Наукова думка. — 1986. — 552 с.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Теория поля. — М.: Наука. — 1988. — 512 с.
6. Вайнберг С. Квантовая теория поля. Т.1. Общая теория поля/пер. с англ; Под. ред. В.Ч. Жуковского. — М.: ФИЗМАТЛИТ. — 2003. - 648 с.

Политика оценивания

Discipline assessment tools: homework, practical work, exam.

Admission to the exam is the solution of homework problems (at least 75% of the total), as well as the results of work in practical classes. At the end of the training, an oral final exam is conducted. When forming an assessment, the results obtained during the entire training are taken into account.

The rating is formed on a five-point scale, where:
Grade 5 - “Excellent” - the student has deeply and firmly mastered all the program material, presents it comprehensively, consistently, competently and logically, does not have difficulty answering when modifying the task, copes freely with problems and practical tasks, correctly substantiates decisions made, can independently summarize and present the material without making mistakes.
Grade 4 - “Good” - the student firmly knows the program material, presents it competently and to the point, does not allow significant inaccuracies in answering the question, can correctly apply theoretical principles and has the necessary skills when performing practical tasks.
Grade 3 - “Satisfactory” - the student has mastered only the basic material, but does not know individual details, makes inaccuracies, has insufficiently correct formulations, violates the consistency in the presentation of the program material and has difficulty completing practical tasks.
Grade 2 - “Unsatisfactory” - the student does not know a significant part of the program material, makes significant mistakes, and completes practical assignments and tasks with great difficulty.