

Программа курса
«Калибровочные поля и стандартная модель»
(к.ф.-м.н. Арбузов А.Б.)

Лекции – 32 часа
семестр

8

Аннотация

Данный курс является введением в теорию калибровочных полей и стандартной модели взаимодействий элементарных частиц. Принципы калибровочной инвариантности являются одной из основ для построения физических теорий, описывающих микромир. Квантовая электродинамика, квантовая хромодинамика и теория электрослабых взаимодействий являются основными примерами таких теорий.

В настоящее время стандартная модель физики элементарных частиц прекрасно описывает огромную совокупность наблюдений и экспериментальных данных. Данная модель включает в себя теорию электрослабых взаимодействий Глэшоу-Вайнберга-Салама и квантовую хромодинамику. Существует уверенность, что и гравитационное взаимодействие должно быть описано методами теории калибровочных полей. основополагающим принципом построения модели является использования симметрий, как фундаментальных свойств природы. Взаимодействия между частицами вводятся в стандартной модели путем рассмотрения калибровочных симметрий в соответствующих секторах. Симметрии в моделях, описывающих абелевы и неабелевы калибровочные поля приводят к возникновению нетривиальных топологических решений полевых уравнений: монополей и инстантонов. В курсе также обсуждаются механизмы нарушения симметрий. В частности – модель Хиггса. Рассматриваются свойства электрослабых векторных бозонов и скалярной частицы Хиггса. Обсуждается программа современных экспериментальных исследований в области физики высоких энергий. Рассматривается феноменология процессов взаимодействия частиц на коллайдерах, включая Большой адронный коллайдер (LHC) и Международный линейный коллайдер (ILC).

Изложение предполагает знания, приобретенные при прохождении курсов „Введение в квантовую теорию поля“ и „Физика элементарных частиц“.

Лекция 1.

Симметрии в законах физики. Глобальные и локальные симметрии. Математическое описание групп симметрий. Классификация алгебр Ли.

Лекция 2.

Абелевы и неабелевы калибровочные группы. Калибровочные симметрии на примере Квантовой электродинамики. Калибровочные бозоны.

Лекция 3.

Основные принципы построения моделей, описывающих взаимодействия частиц. Феноменология физики элементарных частиц, как объект исследования.

Лекция 4.

Симметрии в теории сильных взаимодействий и спектроскопии адронов. Калибровочная теория сильных взаимодействий – квантовая хромодинамика.

Лекция 5.

Основные свойства КХД. Самодействие неабелевых полей. Асимптотическая свобода. Конфайнмент. Нарушение киральной симметрии.

Лекция 6.

Структура слабых токов. Лептонные и полуплептонные распады. Фермиевская теория слабых взаимодействий. Унитарный предел и неперенормируемость теории.

Лекция 7.

Слабые взаимодействия и их свойства. CP-нарушение в слабых взаимодействиях. Идея объединения слабых и электромагнитных взаимодействий в рамках теории калибровочных полей.

Лекция 8.

Спонтанное и динамическое нарушение симметрии. Теорема Голдстоуна. Механизм Хиггса. Симметрия хиггсовского сектора стандартной модели.

Лекция 9.

Механизм спонтанного нарушения симметрии между электромагнитными и слабыми взаимодействиями.

Лекция 10.

Вывод лагранжиана стандартной модели электрослабых взаимодействий и обсуждение его свойств. Гипотеза Великого объединения всех видов взаимодействий.

Лекция 11.

Заряженные и нейтральные токи, соотношение между константами связи. Свойства электрослабых калибровочных бозонов и сравнение с экспериментом.

Лекция 12.

Свойства скаляра Хиггса и программа его изучения на LHC и ILC.

Лекция 13.

Основные методы прецизионной проверки стандартной модели и поиска новых физических явлений во взаимодействиях частиц. Радиационные поправки.

Лекция 14.

Методы вычисления радиационных поправок в КХД, КЭД и слабом секторе стандартной модели. Теорема факторизации в КХД и КЭД.

Лекция 15.

Перенормировки в стандартной модели. Киральные аномалии.

Лекция 16.

Возможные расширения минимальной стандартной модели. Феноменология суперсимметричных моделей.

Основная литература.

1. Хуанг К., *Кварки, лептоны и калибровочные поля*, М.: Мир, 1985.
2. Емельянов В.М., *Стандартная модель и ее расширения*, М.: Физматлит, 2007.
3. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В., *Введение в теорию квантованных полей*, 4-е изд., М.: Наука, 1984
4. Окунь Л.Б., *Лептоны и кварки*, М.: Наука, 1990.

Дополнительная литература.

1. Славнов А.А., Фаддеев Л.Д. Введение в квантовую теорию калибровочных полей. - М.: Наука, 1988.
2. Райдер Л., *Квантовая теория поля*, М.: Мир, 1987.