

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский физико-технический институт (государственный университет)»
МФТИ

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по учебной и методической работе
_____ Д.А. Зубцов
« ___ » _____ 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине: Квантовая хромодинамика в физике высоких энергий

по направлению: 03.03.01 Прикладные математика и физика

профиль подготовки: «Физика микромира»

факультет: ОПФ

кафедра: Физика высоких энергий

курс: 4 (бакалавриат)

семестр: 8

Трудоёмкость в зач. ед.: вариативная – 3 зач. ед.

в т.ч.:

лекции: 30 ч.;

практические (семинарские) занятия: 30 ч.;

лабораторные занятия: нет;

мастер классы, индивид. и групповые консультации: нет;

самостоятельная работа: 12 ч.;

курсовые работы: по выбору;

подготовка и сдача экзаменов: 30 ч.

ВСЕГО ЧАСОВ 102

Программу составил д.ф.-м.н. С.Р. Слабоспицкий

Программа обсуждена на заседании кафедры

Физики высоких энергий ФОПФ МФТИ «15» июня 2016 г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

А.М. Зайцев

Декан

В.В. Киселев

Начальник учебного управления

Аннотация

Курс лекций посвящен систематическому изложению современной теории сильных взаимодействий - квантовой хромодинамики. В первой части курса (лекции 1-6) изложены основы КХД как квантовой неабелевой теории поля. Вторая часть курса (лекции 7-11) посвящена теоретическому описанию процессов сильного взаимодействия при больших энергиях в рамках теории возмущений. В третьей части курса (лекции 12-15) рассматриваются непертурбативные методы описания адронной динамики в области малых энергий.

Лекция 1. Физические принципы построения КХД

- необходимость введения нового квантового числа - "цвет" и нового взаимодействия
- различие между квантовым числом и зарядом
- матрицы Гелл-Мана ($SU(3)$ -группа)

Лекция 2. Лагранжиан КХД

- калибровочная инвариантность. Особенность квантования калибровочных теорий
- правила Фейнмана для КХД
- цветные волновые функции (спиноры, вектора), матрицы плотности, нормировки
- вычисления цветовых коэффициентов матричных элементов.

Лекция 3. Примеры физических процессов - 1

- e^+e^- - аннигиляция в адроны
- глубоко-неупругое рассеяние
- нарушение скейлинга в структурных функциях

Лекция 4. Примеры физических процессов - 2

- основные жесткие подпроцессы в адронных столкновениях
- подпроцесс $q\bar{q} \rightarrow Q\bar{Q}$
- глюон-глюонная аннигиляция в кварки

Лекция 5. Примеры физических процессов - 3

- адронизация кварков и глюонов. Функции фрагментации
- адронизация кварков и глюонов. Адронные струи и алгоритмы их реконструкции

Лекция 6. Модель кваркония.

- проблема описания связанных состояний в квантовой теории поля
- потенциал в КХД. Модель кваркония
- вычисление масс и ширины распадов в модели кваркония

Лекция 7. Вычисления в высших порядках теории возмущений

- необходимость вычислений в высших порядках
- появление новых типов вершин, форм-факторы, "бегущая" константа связи

Лекция 8. Расходимости в квантовой теории поля и методы их устранения

- петлевые поправки к процессам
- техника вычисления 4-х мерных интегралов
- методы регуляризации и схемы вычитания расходимостей

Лекция 9. Перенормировки - 1

- физическое обоснование перенормировок
- контрчлены и перенормировки

Лекция 10. Перенормировки - 2

- зависимость параметров теории и вычислений от выбора схемы перенормировок
- простейшие следствия: константы связи в КЭД, КХД, электрослабой теории

Лекция 11. Перенормировки - 3

- метод ренормализационной группы
- нарушение скейлинга в структурных функциях
- уравнения КХД для моментов

Лекция 12. Инвариантный заряд - 1

- метод ренормгруппы в КХД
- вычисления в однопетлевом приближении
- инвариантный заряд и асимптотическая свобода в КХД

Лекция 13. Инвариантный заряд - 2

- бегущая константа связи сильного взаимодействия. Масштабный параметр
- инвариантный заряд в высших петлевых приближениях
- извлечение бегущей константы связи КХД из эксперимента

Лекция 14. Массы кварков. КХД при низких энергиях

- киральная инвариантность. Частичное сохранение аксиального тока
- отношения масс кварков. Ограничения на массы легких кварков
- распад $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$. Распады легких мезонов
- КХД вакуум. Экзотические связанные состояния: глюболы, гибриды, ...

Лекция 15. Физика топ-кварков в рамках СМ и ее расширениях

- уникальность топ-кварков. Основные свойства, отсутствие топ-адронов
- распады топ-кварков в СМ. Механизмы рождения топ-кварков в СМ
- роль топ-кварков в поисках проявления новой физики вне рамок СМ

Литература

1. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. *“Введение в теорию квантованных полей”* (4 изд., испр.). М.: Наука, 1984.
2. Ициксон К., Зюбер Ж.-Б. *“Квантовая теория поля”*, М., т. 1, 2, 1984.
3. Славнов А.А., Фаддеев Л.Д. *“Введение в квантовую теорию калибровочных полей”* (2 изд.). М.: Наука, 1988.
4. Индурайн Ф. *“Квантовая хромодинамика”*, М., 1986.
5. Волошин М.Б., Тер-Мартirosян К.А., *“Теория калибровочных взаимодействий элементарных частиц”*, М., 1984.
6. Фейнман Р. *“Взаимодействие фотонов с адронами”*, М., 1975.
7. Окунь Л.Б.. *Лептоны и кварки* (3 изд.). М.: УРСС, 2005.