

Министерство образования Российской Федерации

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИРОДЫ, ОБЩЕСТВА И
ЧЕЛОВЕКА «ДУБНА»**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор Ю.С.Сахаров

« _____ » _____ 2008г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

(наименование дисциплины)

Направление 010400.62 — бакалавр физики

Разработана:

Кафедрой Теоретической Физики

(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой

Академик РАН., д.ф.-м.н., Сисакян А.Н.

(подпись)

1. а) Требования к уровню необходимых исходных знаний.
- б) Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

Целью годового курса «Физика фундаментальных взаимодействий» является изучение студентами основных понятий и методов современной теории элементарных частиц и их взаимодействий и взаимопревращений.

В ходе данного курса студент должен получить представление об основах квантовой теории поля, описании и расчётах процессов рассеяния и распада элементарных частиц, теории их структуры и основных принципах, на которых строится эта теория.

В основе этой теории лежит понятие о локальных калибровочных симметриях основанных. В рамках данного курса студенты знакомятся с основными экспериментальными открытиями в области элементарных частиц приведшими к современным представлениям об их структуре и законах взаимодействия.

Курс состоит из двух больших частей: часть I – «Стандартная модель электро-слабого взаимодействия» изучаемого в седьмом семестре и часть II «Квантовая хромодинамика», изучаемая в восьмом семестре.

При чтении данного курса предполагается, что студенты уже изучили общие курсы «Физики», «Теоретической механики», «Квантовой механики», «Электродинамика», «Математического анализа», «Аналитической геометрии» и «Теории групп»

2. Объём дисциплины и виды учебной работы (час):

Вид занятий	Всего часов	Семестры	
		7	8
Общая трудоемкость	136	68	68
Аудиторные занятия:			
Лекции (Л)	68	34	34
Практические занятия (ПЗ)	68	34	34
Семинары (С)			
Лабораторные работы (ЛР)			
Самостоятельная работа:			
Курсовой проект (работа)			
Расчетно-графические работы			
Реферат			
Вид итогового контроля (экзамен)		Экзамен	экзамен

3. Содержание дисциплины

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ
	Часть I «Стандартная Модель»	34	34
1	Введение	4	4
2	Релятивистская квантовая механика	6	6
3	Основы квантовой электродинамики	6	6
4	Слабые взаимодействия	6	6
5	Стандартная модель электрослабого взаимодействия	12	12
	Часть II. «Квантовая Хромодинамика» (КХД)	34	34
6	Цвет и цветовая калибровочная симметрия	6	6
7	Квантование КХД и асимптотическая свобода	6	6
8	Кварк-адронная дуальность и адронные процессы	4	4
9	Факторизация и модификация партонной модели	14	14
10	Экспериментальный статус КХД и Что дальше?	4	4

3.2. Содержание разделов дисциплины

1. Введение

- 1.1 В поисках «элементарных» частиц. Лептоны, фотоны, адроны, изотопическая инвариантность, силы взаимодействия.
- 1.2 Гипотеза кварков, строение адронов, цвет, удержание цвета, скейлинг, асимптотическая свобода, партонная модель.

2. Релятивистская квантовая механика

- 2.1 Уравнение Клейна-Гордона.
- 2.2 Уравнение Дирака, античастицы.
- 2.3 Алгебра гамма-матриц, решения свободного уравнения Дирака, их смысл, угловой момент и спин электрона. Фермионы с нулевой массой.
- 2.4 Уравнение Шредингера-Паули, магнитный момент электрона.

3. Основы квантовой электродинамики

- 3.1 Лагранжиан, локальная калибровочная симметрия и электродинамика.
- 3.2 Уравнения Максвелла для потенциала. Калибровка.
- 3.3 Теория возмущений. Диаграммы Фейнмана.
- 3.4 Сечение рассеяния. Рассеяние электрона на мюоне, пропагатор фотона.
- 3.5 Комптоновское рассеяние. Пропагатор электрона.

4. Слабые взаимодействия

- 4.1 Бета-распад. Теория Ферми.
- 4.2 Нарушение четности, киральность.
- 4.3 CP-чётность.
- 4.4 Время жизни мюона.
- 4.5 Распад каонов. Угол Каббиво.
- 4.6 Смешивание поколений, матрица смешивания Каббиво-Кабаяши-Маскава.
- 4.7 Нарушение CP-чётности.
- 4.8 Нейтральные слабые токи. Глубоко неупругое рассеяние нейтрино и антинейтрино на нуклоне.

5. Стандартная модель электрослабого взаимодействия

- 5.1 Объединение электромагнитных и слабых взаимодействий на основе $SU_L(2) \times U_Y(1)$ симметрии.
- 5.2 Угол Вайнберга, нейтральные слабые токи, W- и Z-бозоны.
- 5.3 Неренормируемость теории с массивными бозонами. Неабелева калибровочная симметрия. Самодействие бозонов.
- 5.4 Спонтанное нарушение симметрии. Появление массы. Голдстоуновские бозоны.
- 5.5 Механизм Хиггса. Модель Салама-Вайнберга.
- 5.6 Выбор поля Хиггса. Массы W- и Z-бозонов. Взаимодействие бозонов с хиггсом.
- 5.7 Массы фермионов. Взаимодействия фермионов с хиггсом. Понятие о перенормируемости теории. Лептон-кварковая аналогия.
- 5.8 Экспериментальный статус теории.

6. Цвет и цветовая калибровочная симметрия

- 6.1 Экспериментальные указания на цвет кварков.
- 6.2 Цветовая калибровочная симметрия и уравнения Янга-Миллса для глюонного поля.
- 6.3 Группа $SU(3)$. Матрицы Гелл-Манна и их свойства.
- 6.4 Тождества Фирца.
- 6.5 Операторы Казимира в фундаментальном и присоединенном представлении.

7. Квантование КХД и асимптотическая свобода

- 7.1 Поперечность амплитуд в КЭД и КХД. Самодействие глюонов. Правила Фейнмана для КХД.
- 7.2 Дисперсионные соотношения и оптическая теорема.
- 7.3 Понятие о расходимостях, вычитаниях, регуляризации и перенормировке.
- 7.4 Эффективный заряд в КЭД. Понятие о ренормгруппе.
- 7.5 Нуль заряда в КЭД, его связь с оптической теоремой и дисперсионными соотношениями.
- 7.6 Эффективный заряд в КХД. Асимптотическая свобода.

8. Кварк-адронная дуальность и адронные процессы

- 8.1 Электрон-позитронная аннигиляция в адроны. R-отношение.
- 8.2 Кварк-адронная дуальность.
- 8.3 Вакуумные конденсаты и «правила сумм» КХД.
- 8.4 Киральная инвариантность.

9. Факторизация и модификация партонной модели

- 9.1 Факторизация в КХД и жесткие процессы.
- 9.2 Глубоко неупругое рассеяние. Партонные функции распределения и их моменты.
- 9.3 Структурные функции. Соотношение Каллана-Гросса.
- 9.4 Сохраняющиеся операторы и их свойства. Правила сумм.
- 9.5 Уравнения эволюции.
- 9.6 Глубоко неупругое рассеяние поляризованных частиц. Спиновый кризис.
- 9.7 Процесс Дрелла-Яна.

10. Экспериментальный статус КХД и Что дальше?

- 10.1 Экспериментальный статус КХД.

10.2 Применение КХД к процессам на Большом Адронном Коллайдере. Образование бозонов Хиггса в адронных соударениях

10.3 Движение к Великому Объединению.

4. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1. Методические рекомендации преподавателю

Данный курс читается студентам после изучения ими электродинамики, теории относительности и квантовой механики и теории групп. Основной упор сделан на использование симметрий и особенно локальных калибровочных симметрий, диаграмм Фейнмана и проверке экспериментальных предсказаний сделанных на их основе. Частично затрагиваются и экспериментальные методы изучения реакций с элементарными частицами и и подчеркивается экспериментальный (а не созерцательный) характер изучения физики фундаментальных взаимодействий.

4.2. Методические указания студентам

Как и прежде, студент должен приучить себя к мысли о необходимости скорейшего освоения англоязычной терминологии, поскольку основная литература по данному курсу и базы данных написаны именно на английском языке. Студент должен усвоить основные идеи построения теории элементарных частиц и вытекающие отсюда закономерности. В рамках данного курса студенту предлагается на деле применить приобретенные знания для выполнения расчётов и оценок простейших сечений и времён жизни частиц.

4.3 Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамены.

Примерный перечень вопросов повторяет содержание пункта 3.2. В дополнение к этим вопросам предлагается решить задачу, по уровню сложности сравнимую с задачами, разбиравшимися в течение семестра.

5. Рекомендуемая литература

5.1 Основная литература

1. Ф.Хелзен и А.Мартин "Кварки и лептоны. Введение в физику частиц", Москва, Мир, 1987.
2. Л.Б.Окунь, "Лептоны и кварки", Наука, 1990.
3. С.М.Биленький "Лекции по физике нейтринных и лептон-нуклонных процессов", Энергоиздат, 1981.
4. Н.Н. Боголюбов и Д.В. Ширков, "Квантовые поля", Наука, 1993.
5. М.Б. Волошин и К.А. Тер-Мартirosян, "Теория калибровочных взаимодействий элементарных частиц", М: Энергоатомиздат 1981.

5.2 Дополнительная литература

1. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. "Теоретическая физика": т. IV. Квантовая электродинамика; М: ФИЗМАТЛИТ, 2001.
2. М. Пескин, Д. Шредер, "Введение в квантовую теорию поля", РХД, 2001 г.

Программа составлена в соответствии с Государственными требованиями к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы подготовки по направлению 010400.62 — бакалавр физики.

Программу составили:

Ефремов Анатолий Васильевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры Теоретическая физика
Теряев Олег Валерианович, д.ф.-м.н., профессор кафедры Теоретическая физика