

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
(университет «Дубна»)
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра теоретической физики**

УТВЕРЖДАЮ

проректор по учебной работе

_____ С.В. Моржухина

« _____ » _____ 2011 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика фундаментальных взаимодействий

по направлению 010700.62 «ФИЗИКА»

(№, наименование направления, специальности)

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: *бакалавр*

Курс 4, семестр 7

г. Дубна, 2011 г.

1. Требования ГОС ВПО

Специальные дисциплины устанавливаются вузом, включая дисциплины по выбору студента.

2. Аннотация

Программа дисциплины «Физика фундаментальных взаимодействий» составлена в соответствии с разделом СД ГОС ВПО для подготовки бакалавров по направлению: 010700 «Физика». В курсе «Физика фундаментальных взаимодействий» изучаются основные понятия и методы 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.

Место курса в профессиональной подготовке бакалавров

При чтении данного курса предполагается, что студенты уже изучили курсы математического анализа, аналитической геометрии и линейной алгебры, теории групп, общей физики, теоретической механики, квантовой механики, электродинамики.

Формы работы студентов в ходе изучения дисциплины предусмотрены лекции, семинарские занятия, выполнение домашних работ. Отдельные темы теоретического курса прорабатываются студентами самостоятельно в соответствии с планом самостоятельной работы и заданиями преподавателя, учитывая индивидуальные особенности студентов.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, выполняется в ходе семестра в форме подготовки к семинарским, занятиям выполнению домашних работ.

Виды текущего контроля – проверка домашних заданий, опросы. Текущий контроль проводится, чтобы установить степень усвоения студентами лекционного материала, а также проверить их навыки решения задач физики элементарных частиц.

Форма промежуточного контроля
экзамен.

3. Цели и задачи дисциплины

Целью курса «Физика фундаментальных взаимодействий» является изучение основных принципов, понятий и методов современной теории элементарных частиц, процессов рассеяния и распада элементарных частиц. Задача курса - дать студенту представление о современном состоянии теоретической и экспериментальной физики элементарных частиц.

4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины (знания, умения, навыки)

Изучив материал части данного курса, студент должен:

Знать классификацию элементарных частиц, гипотезу кварков, гипотезу удержания цвета и партонную модель; **знать** уравнения Клейна-Гордона и Дирака, **понимать** их смысл; **знать** принципы построения лагранжиана квантовой электродинамики, уравнения Максвелла, понятие калибровки, понятие сечения;

Владеть алгеброй гамма-матриц, теорий возмущений в квантовой электродинамике, диаграммной техникой Фейнмана; **владеть** понятиями четность, киральность, CP-чётность, угол Каббиво, смешивание поколений, матрица смешивания Каббиво-Кабаяши-Маскава; **владеть** понятиями неабелева калибровочная симметрия, спонтанное нарушение симметрии, перенормируемость теории

Уметь строить диаграммы Фейнмана, вычислять сечение в простейших процессах рассеяния элементарных частиц

5. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид занятий	Всего часов		
		7	8
Общая трудоемкость	102	102	
Аудиторные занятия:	72	72	
Лекции (Л)	36	36	
Практические занятия (ПЗ)	36	36	
Семинары (С)			
Лабораторные работы (ЛР)			
Самостоятельная работа:	30	30	
Вид итогового контроля (экзамен)		экзамен (ТФ) зачет (ЯФ)	

6. Разделы дисциплины

№ п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ
1	Введение	4	2
2	Релятивистская квантовая механика	6	4
3	Основы квантовой электродинамики	6	6
4	Слабые взаимодействия	6	6
5	Стандартная модель электрослабого взаимодействия	10	8
6	Экспериментальный статус теории	4	4
	Всего	36	30

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.

6. Экспериментальный статус теории.

Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Кол-во ч.
C1	1	Введение. Частицы. Поля. Взаимодействия	2
C2	2	Релятивистские полевые уравнения. Уравнение Клейна-Гордона.	2
C3	2	Уравнение Дирака. Алгебра гамма-матриц, решения свободного уравнения Дирака.	2
C4	3	Лагранжиан электродинамики. Локальная калибровочная симметрия. Уравнения Максвелла. Калибровка.	2
C5	3	Теория возмущений. Диаграммы Фейнмана. Сечение рассеяния.	2
C6	3	Рассеяние электрона на мюоне	2
C7	3	Комптоновское рассеяние	2
C8	4	Слабые взаимодействия. Распад каонов	2
C9	4	Смешивание поколений, матрица смешивания Каббиво-Кабаяши-Маскава.	2
C10	4	Глубоко неупругое рассеяние нейтрино и антинейтрино на нуклоне.	2
C11	5	Объединение электромагнитных и слабых взаимодействий на основе $SU_L(2) \times U_Y(1)$ симметрии.	2
C12	5	Спонтанное нарушение симметрии.	2
C13	5	Механизм Хиггса.	2
C14-C17	5	Вычисление сечений процессов с W-, Z-бозонами и полем Хиггса	8
C18		Зачетная неделя	2

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Окунь Л.Б.** Физика элементарных частиц / Окунь Лев Борисович. - 3-е изд., стер. - М.: Едиториал УРСС, 2005. - 216с. - Прил.: с.141.- Предм.указ.: с.210. - ISBN 5-354-01085-3.
2. **Окунь Л.Б.** Лептоны и кварки / Окунь Лев Борисович. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1990. [М.: УРСС, 2005]
3. **Боголюбов Н.Н.** Квантовые поля: Учебное пособие для вузов / Боголюбов Николай Николаевич, Ширков Дмитрий Васильевич. - 3-е изд., доп. - М.: Физматлит, 2005.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

4. **Окунь Л.Б.** Элементарное введение в физику элементарных частиц / Окунь Лев Борисович. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Физматлит, 2006.

5. Румер Ю.Б., Фет А.И. Теория групп и квантовые поля. - ЛИБРОКОМ, , 2010. - ISBN 978-5-397-01392-5

6. Ф.Хелзен и А.Мартин "Кварки и лептоны. Введение в физику частиц", Москва, Мир, 1987.

<http://www.poiskknig.ru/cgi-bin/poisk.cgi?lang=ru&st=halzen+martin&network=1>

(Интернет-ресурс)

7. Исаев П.С. Обыкновенные, странные, очарованные, прекрасные... / Исаев Петр Степанович; Ред. О.П.Дунаева; Рец. В.П.Шелест. - М.: Энергоатомиздат, 1995. - 320с. - ISBN 5-283-03968-4.

Периодически издания

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики: Продолжение физической части журнала русского физико-химического общества. / Учредители: РАН, отделение физических наук РАН; Гл.ред. А.Ф.Андреев. - М.: Наука
2. **Успехи физических наук.** №10/2010 / Учредитель: РАН; Гл.ред. Л.В.Келдыш. - М.: Успехи физических наук, - См. электронные версии статей: <http://ufn.ru/ru/articles/>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- оверхэд
- мультимедийный проектор

9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Лептоны, фотоны, адроны, изотопическая инвариантность, силы взаимодействия.
2. Гипотеза кварков, строение адронов, цвет, удержание цвета, скейлинг, асимптотическая свобода, партонная модель.
3. Уравнение Клейна-Гордона.
4. Уравнение Дирака, античастицы.
5. Алгебра гамма-матриц, решения свободного уравнения Дирака, их смысл, угловой момент и спин электрона. Фермионы с нулевой массой.
6. Уравнение Шредингера-Паули, магнитный момент электрона.
7. Лагранжиан, локальная калибровочная симметрия и электродинамика.
8. Уравнения Максвелла для потенциала. Калибровка.
9. Теория возмущений. Диаграммы Фейнмана.
10. Сечение рассеяния. Рассеяние электрона на мюоне, пропагатор фотона.
11. Комptonовское рассеяние. Пропагатор электрона.
12. Бета-распад. Теория Ферми.
13. Нарушение четности, киральность.
14. CP-чётность.
15. Время жизни мюона
16. Распад каонов. Угол Каббиво.
17. Смешивание поколений, матрица смешивания Каббиво-Кабаяши-Маскава.
18. Нарушение CP-чётности.

19. Нейтральные слабые токи. Глубоко неупругое рассеяние нейтрино и антинейтрино на нуклоне.
20. Объединение электромагнитных и слабых взаимодействий на основе $SU_L(2) \times U_Y(1)$ симметрии.
21. Угол Вайнберга, нейтральные слабые токи, W- и Z-бозоны.
22. Перенормируемость теории с массивными бозонами. Неабелева калибровочная симметрия. Самодействие бозонов.
23. Спонтанное нарушение симметрии. Появление массы. Голдстоуновские бозоны.
24. Механизм Хиггса. Модель Салама-Вайнберга.
25. Выбор поля Хиггса. Массы W- и Z-бозонов. Взаимодействие бозонов с хиггсом.
26. Массы фермионов. Взаимодействия фермионов с хиггсом. Понятие о перенормируемости теории. Лептон-кварковая аналогия.
27. Экспериментальный статус теории.

В дополнение к этим вопросам предлагается решить задачу, по уровню сложности сравнимую с задачами, разбиравшимися в течение семестра.