

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Ю.А.Самарский
август 2011 г.

ПРОГРАММА

По курсу: ТЕОРИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
по направлению: 511600
факультет: НБИК
кафедра физики
курс V
семестр 9
лекции: 34 часа. Экзамен: да
практические (семинарские) занятия: 34 часа. Зачет: да
лабораторные занятия: нет
самостоятельная работа: 2 часа в неделю

ВСЕГО ЧАСОВ: 68

Программу и задание составил:
д.ф.-м.н., проф. Б.О.Кербиков

Программа утверждена на заседании кафедры физики
август 2011 года

Заведующий кафедрой

В.Г.Вакс

ТЕОРИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Часть 1

1. *Введение.* Принцип построения и содержание курса. Большой адронный коллайдер ЛНС: как он устроен, как ищут бозон Хиггса и что еще надеются найти. Естественная система единиц, метрика, 4 типа взаимодействий. Поколения кварков и лептонов.
2. *Скалярное поле.* От квантовой механики и теории поля. Лагранжев формализм. Свободное скалярное поле. Гамильтониан и энергия. Уравнение движения. Теория $\lambda\varphi^4$.
3. *Спонтанное нарушение симметрии.* Спонтанное нарушение дискретной симметрии. Комплексное скалярное поле и нарушение симметрии $U(1)$. Теорема Голдстоуна. Сохранение тока и теорема Нетер.
4. *Механизм Андерсона-Хиггса.* Скалярная электродинамика. Калибровочное поле, ковариантная производная, унитарная калибровка. Сверхпроводимость. Квантовая теория поля и статическая физика.
5. *Спинорное поле.* Действие и лагранжиан. Уравнение Дирака. Киральная аномалия.
6. *Киральная симметрия сильных взаимодействий.* Генерация массы. Модель Намбу - Иона-Лазинио-Вакса-Ларкина. Пион как голдстоуновский бозон. Сигма модель. Частичное сохранение аксиального тока. Фазы Вигнера и Намбу-Голдстоуна. Соотношение Гольдбергера-Треймана.
7. *Квантовая хромодинамика (КХД) - введение.* Аннигиляция $e^+e^- \rightarrow$ адроны, цвет, калибровочная группа $SU(3)$. Лагранжиан КХД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зи.Э.* Квантовая теория поля в двух словах. Москва–Ижевск, НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2009.
2. *Рубаков В.А.* Классические калибровочные поля. Изд-во УРСС, Москва, 1999.
3. *Волошин М.Б., Тер-Мартirosян К.А.* Теория калибровочных взаимодействий элементарных частиц. Москва, Энергоатомиздат, 1984.
4. *Пескин М., Шредер Д.* Введение в квантовую теорию поля. Изд-во ЗЧД, Москва-Ижевск, 2001.
5. *Райдер Л.* Квантовая теория поля. Москва, “Мир”, 1987.
6. *Цвеллик А.М.* Квантовая теория поля в физике конденсированного состояния. Москва, “Физматлит”, 2002.

ЗАДАЧИ

1. Найти размерность **E** и **H** в естественной системе единиц $\hbar = c = 1$.
2. В столкновении тяжелых ионов при сверхвысоких энергиях образуется кварковая материя, которая переходит в адронную фазу на характерных временах порядка 5 fm. Чему равно это время в сек.?
3. Взаимодействие между кварками на расстоянии порядка 1fm неплохо описывается потенциалом типа “воронки”: $U(r) = \sigma r$, $\sigma \approx 0.2 GeV^2$. С какой силой (в ньютонах или тоннах) притягиваются кварки?
4. Масса электрона равна $m_e = 0.51 MeV$. Чему равны (в см.) боровский, комптоновский и классический радиусы?
5. Пользуясь решением предыдущей задачи и тем, что константа сильного взаимодействия $\alpha \approx 1$ (вместо $\alpha = 1/137$ для электромагнитного взаимодействия), оценить радиус адрона в fm.

6. Доказать, что для лагранжиана свободного скалярного поля $\frac{dE}{dt} = 0$.

7. Для теории $\lambda\varphi^4$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{\partial\varphi}{\partial x} \right)^2 - V = 0.$$

8. Для лагранжиана вида $L = \partial_\mu\varphi^*\partial_\mu\varphi - V(\varphi^*\varphi)$ построить ток и доказать его сохранение.

9. Для гамильтониана $H = \psi^+(-i\alpha\nabla + \beta m)\psi$ вычислить коммутатор $[H, \gamma^5]$. Объяснить результат.

10. доказать киральную инвариантность лагранжиана

$$L = -\bar{\psi}\gamma_\mu\frac{\partial}{\partial x_\mu}\psi - g\bar{\psi}(\sigma = i\gamma_5\pi)\psi - \frac{1}{2} \left(\frac{\partial\sigma}{\partial x_\mu} \right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{\partial\pi}{\partial x_\mu} \right)^2 - C(\sigma^2 + \pi^2 - A)^2$$

рассмотреть отдельно случаи $A < 0$ и $A > 0$.

11. Найти выражение для обобщенного импульса абелева калибровочного поля

$$L = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F_{\mu\nu}.$$

12. Найти значение величины $\langle \lambda_i\lambda_i \rangle$ для мезона и бариона, i, j - номера кварков, $\langle \dots \rangle$ - усреднение по цветовому синглету.

13. Нарисовать диаграммы, описывающие рассеяние глюона на кварке. Сравнить с рассеянием фотона на электроны.