



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан (директор)
“20” июня 2017 г.



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.4.1 Слабые взаимодействия

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Тип образовательной программы: Академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки: Фундаментальная физика

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №8 от «19» июня 2017 г.

Зам. председателя _____

В.В. Чумак

Рекомендовано кафедрой:

Протокол №8

От «31» мая 2017 г.

Зав. кафедрой _____

С.В. Ловцов

Иркутск 2017 г.

Содержание

| | |
|--|---|
| 1. Цели и задачи дисциплины (модуля)..... | 3 |
| 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП..... | 3 |
| 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)..... | 3 |
| 4. Объем дисциплины и виды учебной работы..... | 4 |
| 5. Содержание дисциплины (модуля)..... | 4 |
| 6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов, методические указания по организации самостоятельной работы студентов..... | 5 |
| 7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)..... | 6 |
| 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):..... | 7 |
| 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)..... | 8 |
| 10. Образовательные технологии..... | 8 |
| 11. Оценочные средства (ОС)..... | 8 |

Приложение: фонд оценочных средств

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

«Слабые взаимодействия» продолжает курс специальных дисциплин по теоретической физике и предполагает знание основ механики, электродинамики, квантовой механики, а также основ теории поля и квантовой электродинамики.

Цели курса

Целью курса «Слабые взаимодействия» является ознакомление с основными фактами, лежащими в основе идеи объединения слабых и электромагнитных взаимодействий. С другой стороны низкоэнергетическая физика слабых взаимодействий ответственна за широкий круг явлений в физике элементарных частиц, астрофизике, физике космических лучей и нейтринной физике. Поэтому целью является научить получать простые оценки и соотношения между наблюдаемыми величинами.

Задачи курса

Данный курс призван решать следующие задачи:

- знакомство с основными физическими явлениями, в которых проявляются слабые взаимодействия;
- продолжение знакомства с основополагающими принципами, лежащими в основе описания квантовополевых систем;
- изучение методов получения оценок наблюдаемых величин и различных соотношений между ними;

Программа ориентирована на развитие у студентов интереса к самостоятельному изучению фундаментальных основ науки.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

«Слабые взаимодействия» является дисциплиной по выбору в вариативной части общенаучного цикла ОПОП. При изучении курса «Слабые взаимодействия» используются знания, приобретенные при изучении основных физических и математических курсов, а также спецкурсов по релятивистской квантовой теории и квантовой электродинамике. Курс «Слабые взаимодействия» является базовым для изучения таких курсов как «Стандартная модель», а также курсов по астрофизике и физики нейтрино.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);
- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1).

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: проявления слабых взаимодействий в низкоэнергетической физике лептонов и адронов, классификацию адронов, их квантовые числа и их внутреннюю структуру;

Уметь: использовать законы сохранения.

Владеть: навыками оценки и соотношениями между слабыми эффектами, навыками вычисления сечений и вероятностей распадов.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы | Всего часов / зачетных единиц | Семестры | |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------|-----|
| | | 8 | |
| Аудиторные занятия (всего) | 76 / 2,1 | 76 | |
| В том числе: | - | - | - |
| Лекции | 22/ 0,6 | 22 | |
| Практические занятия (ПЗ) | 44 / 1,2 | 44 | |
| КСР | 10/0,3 | 10 | |
| Самостоятельная работа (всего) | 68/ 1,9 | 68 | |
| Вид промежуточной аттестации (зачет) | | | |
| Контактная работа (всего) | 83 /2,3 | 83 | |
| Общая трудоемкость | часы | 144 | 144 |
| | зачетные единицы | 4 | 4 |

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

Раздел 1. СЛАБЫЕ ТОКИ

Тема 1. Структура слабых токов: кварки и лептоны.

Тема 2. Адроны, их классификация и квантовые числа.

Тема 3. Переносчики слабых взаимодействий: от идеи Ферми до сегодняшнего дня.

Тема 4. Лептонные распады.

Раздел 2. СЛАБЫЕ РАСПАДЫ АДРОНОВ

Тема 5. Распады пионов и нуклонов.

Тема 6. Распады К-мезонов и несохранение странности.

Тема 7. CP-нарушение.

Раздел 3. СМЕШИВАНИЕ И ОСЦИЛЛЯЦИИ

Тема 8. Нейтральные К-мезоны и осцилляции.

Тема 9. Смешивание и осцилляции в системе нейтрино.

Тема 10. Смешивание в системе кварков.

5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)

| № п/п | Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин | № № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин | | | | | |
|-------|---|---|-----|-----|-----|------|--|
| | | 1.1 | 2.5 | 2.7 | 3.9 | 3.10 | |
| 1. | Стандартная модель | | | | | | |

5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела | Наименование темы | Виды занятий в часах | | | |
|-------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------|-----|-------|
| | | | Лекц. | Практ. зан. | СРС | Всего |
| 1 | Раздел 1 | Тема 1 | 2 | 4 | 6 | 12 |
| 2 | | Тема 2 | 2 | 4 | 6 | 12 |
| 3 | | Тема 3 | 2 | 4 | 7 | 13 |
| 4 | | Тема 4 | 2 | 6 | 7 | 15 |
| 5 | Раздел 2 | Тема 5 | 4 | 6 | 7 | 17 |
| 6 | | Тема 6 | 2 | 4 | 7 | 13 |
| 7 | | Тема 7 | 2 | 4 | 7 | 13 |
| 8 | Раздел 3 | Тема 8 | 2 | 4 | 7 | 13 |
| 9 | | Тема 9 | 2 | 4 | 7 | 13 |
| 10 | | Тема 10 | 2 | 4 | 7 | 13 |

6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов, методические указания по организации самостоятельной работы студентов

| № п/п | № раздела и темы дисциплины (модуля) | Наименование семинаров, практических и лабораторных работ | Трудоемкость (часы) | Оценочные средства | Формируемые компетенции |
|-------|--------------------------------------|--|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Раздел 1, Тема 1 | Слабые токи, сохраняющиеся величины. | 4 | Задание на семинаре в виде задачи | ОПК-3, ПК-1 |
| 2. | Раздел 1, Тема 2 | Изотопическая симметрия, SU(3) симметрия. | 4 | Задание на семинаре в виде задачи | ОПК-3, ПК-1 |
| 3. | Раздел 1, Тема 3 | Объединение взаимодействий и групповые свойства. | 4 | Задание на семинаре в виде задачи | ОПК-3, ПК-1 |
| 4. | Раздел 1, Тема 4 | Вычисление лептонных распадов, учет поляризации, тау-лептон. | 6 | Задание на семинаре в виде задачи | ОПК-3, ПК-1 |
| 5. | Раздел 1, Тема 5 | Распады пионов и нуклонов, формфакторы, киральная симметрия. | 6 | Задание на семинаре в виде задачи | ОПК-3, ПК-1 |
| 6. | Раздел 2, Тема 6 | Распады К-мезонов, изотопические соотношения, кварковые соотношения. | 4 | Задание на семинаре в виде задачи | ОПК-3, ПК-1 |
| 7. | Раздел 2, Тема 7 | CP симметрия, свойства фермионных токов. | 4 | Задание на семинаре в | ОПК-3, ПК-1 |

| | | | | | |
|-----|-------------------|--|---|-----------------------------------|-------------|
| | | | | виде задачи | |
| 8. | Раздел 2, Тема 8 | Распады нейтральных К-мезонов, D0 мезоны. | 4 | Задание на семинаре в виде задачи | ОПК-3, ПК-1 |
| 9. | Раздел 2, Тема 9 | Смешивание в системе нейтрино, осцилляции в случае двух поколений. | 4 | Задание на семинаре в виде задачи | ОПК-3, ПК-1 |
| 10. | Раздел 2, Тема 10 | Смешивание в системе кварков, свойства матрицы смешивания. | 4 | Задание на семинаре в виде задачи | ОПК-3, ПК-1 |

6.1. План самостоятельной работы студентов

| № нед. | Тема | Вид самостоятельной работы | Задание | Рекомендуемая литература | Количество часов |
|--------|-------------------------|------------------------------|---|--|------------------|
| 1 | Слабые токи | Внеаудиторная, решение задач | Нарушение P-четности и экспериментальное наблюдение. | Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты | 6 |
| 2 | Квантовые числа адронов | Внеаудиторная, решение задач | SU(3) соотношения внутри мультиплета между массами и ширинами распада. | | 6 |
| 3 | Калибровочная симметрия | Внеаудиторная, решение задач | Локальная калибровочная симметрия и свойства калибровочных бозонов. | | 7 |
| 4 | Лептонные распады | Внеаудиторная, решение задач | Влияние правых токов в распадах лептонов. | | 7 |
| 5 | Распады гиперонов | Внеаудиторная, решение задач | Спиновые корреляции, изотопические амплитуды. | | 7 |
| 6 | Распады К-мезонов. | Внеаудиторная, решение задач | Влияние смешивания Каббико на вероятности распадов. | | 7 |
| 7 | CP-нарушение | Внеаудиторная, решение задач | CP нарушение для адронов с чармом, оценка времени жизни нейтральных мезонов | | 7 |
| 8 | Нейтральные К-мезоны | Внеаудиторная, решение задач | Переходы между K0 мезонами, осцилляции при наличии распадов. | | 7 |
| 9 | Система нейтрино | Внеаудиторная, решение задач | Вычисление вероятностей осцилляций для двух нейтрино, учет спинов. | | 7 |
| 10 | Система кварков | Внеаудиторная, решение задач | Матричный пропагатор и его связь с матрицей смешивания. | | 7 |

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

В разделе 6.1 студентам для самостоятельного углубленного изучения дисциплины (параллельно с лекциями) предлагаются задачи по изучаемым разделам и график их изучения. Предполагается, что студент самостоятельно изучит дополнительные параграфы по пройденной теме, представленные в литературе из п. 8, а затем решит предложенные в п. 6.1 задачи, методы решения которых частично обсуждаются на семинарах. Оценка самостоятельной работы студентов проводится в виде контрольных опросов на практических занятиях.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ (проектов).

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

1. Высоцкий, М.И. Лекции по теории электрослабых взаимодействий. [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2011. — 151 с. — Режим доступа: ЭБС «Лань». ISBN: 978-5-9221-1263-5

б) дополнительная литература

1. [Окунь, Л. Б.](#) Лептоны и кварки / Л.Б. Окунь. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1990. - 345 с. ISBN 5-02-014027-9 (1)
2. [Иоффе, Б.Л.](#) Глубоконеупругие процессы. Феноменология. Кварк-партоновая модель / Б. Л. Иоффе, Л. Н. Липатов, В. А. Хозе. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 264 с. (1)

Сверено с ЭБС ИГУ

в) базы данных, поисково-справочные и информационные системы

<http://library.isu.ru/> - Научная библиотека ИГУ;

Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ:

- <https://isu.bibliotech.ru/> - ЭЧЗ «БиблиоТех»;
- <http://e.lanbook.com> - ЭБС «Издательство «Лань»;
- <http://rucont.ru> - ЭБС «Рукопт» - межотраслевая научная библиотека, содержащая оцифрованные книги, периодические издания и отдельные статьи по всем отраслям знаний, а также аудио-, видео-, мультимедиа софт и многое другое;
- <http://ibooks.ru/> - ЭБС «Айбукс» - интернет ресурсы в свободном доступе.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

Учебная аудитория с доской для проведения лекционных и практических занятий. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор, переносной экран, ноутбук. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

10. Образовательные технологии

При изучении данной дисциплины используются следующие образовательные технологии:

1. Лекции, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач
2. Практические занятия, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
3. Консультации – еженедельно для всех желающих студентов.
4. Текущий контроль за деятельностью студентов осуществляется в основном на практических занятиях при дискуссии о результатах выполненных практических работ.

11. Оценочные средства (ОС)

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

Форма проведения промежуточной аттестации — зачет.

Вопросы и задания текущего контроля:

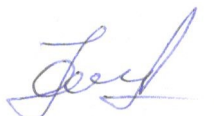
1. Что такое перенормируемость?
2. Массивный векторный бозон и перенормируемость.
3. Спиновая матрица плотности электрона.
4. Свойства векторного фермионного тока при преобразованиях.
5. Свойства аксиального фермионного тока при преобразованиях.
6. Нонет легких псевдоскалярных частиц.
7. Нонет легких векторных частиц.
8. Мультиплет легких барионов.
9. Соотношение Голдбергера-Треймана.
10. Неабелева калибровочная инвариантность, лагранжиан КХД.
11. Матрица рассеяния.
12. Теоремы Вика.
13. Формфактор – физический смысл.
14. Аналитические свойства формфактора.
15. Какова размерность лагранжиана?
16. Квантовые числа (момент, изоспин, четность) системы двух и трех пионов.
17. Квантовые числа векторного и аксиального токов.
18. Вывести соотношение PCAC.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Структура слабых токов.
2. Массивные векторные поля.
3. Структура поколений.
4. Адроны из легких кварков. Квантовые числа.
5. Адроны из легких кварков. Мультиплеты.
6. Киральная симметрия. Частичное сохранение аксиального тока.
7. Распад мюона.
8. Распад поляризованного мюона.
9. Лептонные распады адронов.
10. Изотопические свойства заряженного тока.

11. Слабый заряд.
12. Полулептонные распады пионов.
13. Бета-распад нейтрона.
14. Аксиальные формфакторы нейтрона.
15. Лептонные распады К-мезонов.
16. Распады с изменением странности.
17. Смешивание Каббиво и экспериментальные следствия.
18. Симметричная схема GIM.
19. K_1 и K_2 мезоны.
20. Распады К на два пиона. Изотопические соотношения.
21. Разность масс K_1 и K_2 .
22. CP – нарушение в системе К-мезонов.
23. Распады тау-лептона.
24. Глубоконеупругое рассеяние на адроне.
25. Партоновая модель.

Разработчики:



профессор кафедры теоретической физики

А.Е. Калошин

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики

«31» мая 2017 г. Протокол №



С.В. Ловцов

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.