



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра теоретической физики**

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

/Н.М. Буднев

«17» марта 2026 г.



**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.07.01 Слабые взаимодействия

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Фундаментальная физика и физика Космоса

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК физического факультета  
Протокол №53 от «17» марта 2026 г.

Председатель

Н.М.Буднев

Рекомендовано кафедрой:

Протокол №7

От «12» марта 2026 г.

Зав. кафедрой

С.В. Ловцов

**Иркутск 2026 г.**

## Содержание

I. Цели и задачи дисциплины.....	3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП.....	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины.....	3
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	4
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	4
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	4
4.3. Содержание учебного материала.....	5
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ.....	5
4.3.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	6
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	6
4.5. Примерная тематика курсовых работ.....	6
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	7
а) список литературы.....	7
б) периодические издания.....	7
в) список авторских методических разработок.....	7
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	7
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	7
VII. Образовательные технологии.....	7
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.....	7
Приложение: фонд оценочных средств	

## I. Цели и задачи дисциплины

«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.

## II. Место дисциплины в структуре ОПОП

«Слабые взаимодействия» относится к дисциплинам, формируемым участниками образовательного процесса. При изучении курса «Слабые взаимодействия» используются знания, приобретенные при изучении основных физических и математических курсов, а также спецкурсов по релятивистской квантовой теории и квантовой электродинамики. Курс «Слабые взаимодействия» является базовым для изучения таких курсов как «Стандартная модель», а также курсов по астрофизике и физики нейтрино.

## III. Требования к результатам освоения дисциплины

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	ПК-1: Способен использовать специализированные знания в области физики и астрофизики для освоения профильных физических дисциплин.
Индикаторы компетенции	ИДК <sub>ПК1.1</sub> Способен проводить анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений, используя специализированные знания в области физики и астрофизики. ИДК <sub>ПК1.2</sub> Способен проводить анализ новых направлений исследований и опытно-конструкторских разработок в соответствующей области знаний.
Результаты обучения	<b>Знает:</b> проявления слабых взаимодействий в низкоэнергетической физике лептонов и адронов, классификацию адронов, их квантовые числа и их внутреннюю структуру; <b>Умеет:</b> использовать законы сохранения. <b>Владеет:</b> навыками оценки и соотношениями между слабыми эффектами, навыками вычисления сечений и вероятностей распадов.

#### IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часов, в том числе 69 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 36 часов.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

#### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские /практические /лабораторные занятия	Консультации		
1	1-10	8	72	36	24	36	1	3	Практическое задание; вопросы к зачету
Итого:			72	36	24	36	1	3	

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
8	Тема 1-10	Задание в виде задачи	После пройденных тем	3	Демонстрация готовых решений	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемому Научной библиотекой ИГУ.

### 4.3. Содержание учебного материала

#### Содержание разделов и тем дисциплины

##### 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.

#### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ

№ 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	ПК-1
2.	Раздел 1, Тема 2	Изотопическая симметрия, SU(3) симметрия.	4	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
3.	Раздел 1, Тема 3	Объединение взаимодействий и групповые свойства.	4	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
4.	Раздел 1, Тема 4	Вычисление лептонных распадов, учет поляризации, тау-лептон.	6	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
5.	Раздел 1, Тема 5	Распады пионов и нуклонов, формфакторы, киральная симметрия.	6	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
6.	Раздел 2, Тема 6	Распады К-мезонов, изотопические соотношения, кварковые соотношения.	4	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
7.	Раздел 2, Тема 7	CP симметрия, свойства фермионных токов.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
8.	Раздел 2, Тема 8	Распады нейтральных К-мезонов, D0 мезоны.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
9.	Раздел 2, Тема 9	Смешивание в системе нейтрино, осцилляции в случае двух поколений.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1

10.	Раздел 2, Тема 10	Смешивание в системе кварков, свойства матрицы смешивания.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
-----	-------------------	--	---	-----------------------------------	------

#### 4.3.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Слабые токи	Внеаудиторная, решение задач	Нарушение Р-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	0,3
2	Квантовые числа адронов	Внеаудиторная, решение задач	SU(3) соотношения внутри мультиплета между массами и ширинами распада.		0,3
3	Калибровочная симметрия	Внеаудиторная, решение задач	Локальная калибровочная симметрия и свойства калибровочных бозонов.		0,3
4	Лептонные распады	Внеаудиторная, решение задач	Влияние правых токов в распадах лептонов.		0,3
5	Распады гиперонов	Внеаудиторная, решение задач	Спиновые корреляции, изотопические амплитуды.		0,3
6	Распады К-мезонов.	Внеаудиторная, решение задач	Влияние смешивания Каббиво на вероятности распадов.		0,3
7	CP-нарушение	Внеаудиторная, решение задач	CP нарушение для адронов с чармом, оценка времени жизни нейтральных мезонов		0,3
8	Нейтральные К-мезоны	Внеаудиторная, решение задач	Переходы между K0 мезонами, осцилляции при наличии распадов.		0,3
9	Система нейтрино	Внеаудиторная, решение задач	Вычисление вероятностей осцилляций для двух нейтрино, учет спинов.		0,3
10	Система кварков	Внеаудиторная, решение задач	Матричный пропагатор и его связь с матрицей смешивания.		0,3

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

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, а затем решит предложенные задачи, методы решения которых частично обсуждаются на семинарах. Оценка самостоятельной работы студентов проводится в виде контрольных опросов на практических занятиях.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ.

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) список литературы**

#### **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

#### **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.](#) Глубококонечные процессы. Феноменология. Кварк-партоновая модель / Б. Л. Иоффе, Л. Н. Липатов, В. А. Хозе. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 264 с. (1)

### **б) периодические издания**

- нет

### **в) список авторских методических разработок**

- нет

### **г) базы данных, информационно-справочные и поисковые 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 «Руконт» - 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.

## **VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

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.

## **VII. 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.

## **VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации**

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 K-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 K на два пиона. Изотопические соотношения.
21. Разность масс  $K_1$  и  $K_2$ .
22. CP – нарушение в системе K-мезонов.
23. Распады тау-лептона.
24. Глубоконеупругое рассеяние на адроне.
25. Партоновая модель.

**Разработчики:**




доцент кафедры теоретической физики

А.А. Шишмарев

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики  
«12» марта 2026 г.

Протокол №7 Зав. кафедрой  С.В. Ловцов

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