Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ НИЯУ МИФИ (ТФ НИЯУ МИФИ)

ОДОБРЕНО

УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 1 от 04.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

СИММЕТРИИ СИЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Направление подготовки (специальность) [1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	**Трудоемкость, кред.**	**Общий объем курса, час.**	**Лекции, час.**	**Практич. занятия, час.**	**Лаборат. работы, час.**	**В форме практической подготовки, час.**	**СРС, час.**	**КСР, час.**	**Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП**
2	3	108	30	30	0		48	0	ЗО
Итого	3	108	30	30	0	30	48	0	

АННОТАЦИЯ

Курс содержит результаты применения методов теории групп для описания симметрии Сильных взаимодействий.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью учебной дисциплины «Симметрии сильных взаимодействий» является освоение понятий и методов Квантовой хромодинамики, применяемых для объяснении и количественного описании процессов рождения и взаимодействия элементарных частиц с частицами и ядрами. Так же целями освоения учебной дисциплины являются получение студентами знаний о важ-нейших экспериментах в области физики высоких энергий, об устройстве и работе основных экспериментальных установок, об основных физических результатах в этой области.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная дисциплина «Симметрии сильных взаимодействий» входит в программу подготовки магистров по направлению 14.04.02 «Ядерная физика и технологии».

Для изучения дисциплины студент должен обладать знаниями, полученными при изучении курсов общей физики, в том числе, раздела «Атомная физика», а также обладать базовыми знаниями курсов «Введение в ядерную физику», «Экспериментальная ядерная физика» и «Квантовая механика».

Данный курс позволяет студенту приобрести знания, необходимые для выполнения лабораторных практических работ по курсам кафедры, выполнения проектов по программе Учебно-исследовательской работы студентов в рамках научных лабораторий, а также при выполнении дипломных проектов. Полученные знания являются необходимыми для исследовательской работы в области физики высоких энергий.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	**Объект или область знания**	**Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ**	**Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции**

		опыта)	
научно-исследовательский			
проведение научных исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики, самостоятельное решение поставленной задачи с выбором необходимых средств, готовность к самостоятельной формулировке задач;	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками;	ПК-38.1 [1] - Способен к научным исследованиям в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики, к самостоятельному решению поставленной задачи с выбором необходимых средств, готовность к самостоятельной формулировке задач; *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-38.1[1] - Знать методы исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики; У-ПК-38.1[1] - Уметь самостоятельно решать задачи, связанные с исследованиями в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики, с выбором необходимых средств, а так же самостоятельно формулировать задачи;; В-ПК-38.1[1] - Владеть методами исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики
физический анализ процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная	ПК-38.3 [1] - Способен к физическому анализу процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной; *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-38.3[1] - Знать методы физического анализа процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;; У-ПК-38.3[1] - Уметь выполнять физический анализ процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов

	схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками;		в ранней и современной Вселенной;; В-ПК-38.3[1] - Владеть методами физического анализа процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;
разработка методов регистрации ионизирующих и электромагнитных излучений и методов измерения количественных характеристик ядерных материалов;	разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине;	ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных ; У-ПК-4[1] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач

проектный			
проведение расчетов и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий;	математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики; ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы,	ПК-38.5 [1] - Способен проводить проектирование детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики; *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-38.5[1] - Знать методы проектирования детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики;; У-ПК-38.5[1] - Уметь проводить проектирование детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики;; В-ПК-38.5[1] - Владеть методами проектирования детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики;

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	2 Семестр						
1	Теория групп	1-8	15/15/0		25	Т-8	З-ПК-10, У-ПК-10,

							В-ПК-10, З-ПК-38.5, У-ПК-38.5, В-ПК-38.5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
2	Симметрии сильных взаимодействий	9-15	15/15/0		25	Т-15	З-ПК-38.3, У-ПК-38.3, В-ПК-38.3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1
	Итого за 2 Семестр		30/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	ЗО	З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, З-ПК-38.5, У-ПК-38.5, В-ПК-38.5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	**Полное наименование**
ЗО	Зачет с оценкой

Т	Тестирование
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	2 Семестр	30	30	0
1-8	**Теория групп**	15	15	0
1 - 2	**Адроны в сильных взаимодействиях.** Адроны в сильных взаимодействиях. Барионы и мезоны. Их квантовые числа. Стабильные адроны и резонансы. Изотопические мультиплеты адронов. Квантовые числа адронов, входящих в изотопический мультиплет. Составная структура адронов. Кварки. Их свойства. Законы сохранения физических величин в процессах сильного взаимодействия. Квантовые числа, связанные с внутренними симметриями адронов.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	**Групповой подход к описанию внутренней симметрии адронов** Групповой подход к описанию внутренней симметрии адронов. Понятие группы. Группы абелевы и неабелевы, дискретные и непрерывные. Порядок группы. Группа вращений в 3х-мерном пространстве действительном пространстве SO(3).Унитарная группа SU(N). Группа Ли, её генераторы. Элементы преобразования. Порядок группы SU(N). Алгебра группы SU(N). Структурные константы.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	**Представления данной группы симметрии.** Представления данной группы симметрии. Преобразования волновой функции квантовой системы под действием генераторов представления группы симметрии. Размерность данного представления. Неприводимые представления группы. Мультиплеты. Размерность мультиплета. Некоторые физические следствия для физической системы, вытекающие из наличия у неё группы симметрии. Операторы Казимира, ранг группы, сохранение мультиплетности в процессах СВ, совпадение частиц, входящих в данный мультиплет.Построение неприводимых представлений группы SU(N) и мультиплетов, преобразующихся по этим представлениям. Матричное описание действия операторов представления на вектора состояния. Конкретные неприводимые представления группы SU(N). Закон преобразования волновых функций по группе SU(N).	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	**Изотопическая группа SU(2) и её представления.** Изотопическая группа SU(2) и её представления. Элементы группы и их свойства. Структурные константы. Неприводимые представления группы SU(2) и соответствующие им изомультиплеты. Волновые	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

	функции, преобразующиеся по неприводимым представлениям группы SU(2).Генераторы представления группы SU(2). Размерность неприводимого представления. Изоспин T и его проекция T3. Изотопические мультиплеты адронов и их волновые функции V(T,T3). Изосинглеты, изодублеты и изоквартеты барионов и мезонов, обнаруженные на опыте. Изокварте адронов.			
9-15	**Симметрии сильных взаимодействий**	15	15	0
9 - 10	**Представления волновых функций изомультиплетов.** Представления волновых функций изомультиплетов. Проявления изотопической сим-метрии адронов в процессах сильных взаимодействий. Изотопические соотношения в процессах πN →πN. Изотопические соотношения для процессов π+p→π+p, π-p→π-p и π-p→π0n. Случай амплитуд |f3|>>|f1| для энергий E π≈1200 МэВ. Предельный случай Eπ→∞. Метод инвариантных амплитуд для получения соотношений между амплитудами процесса πN →πN.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	**Взаимодействие πNN.** Взаимодействие πNN. Взаимодействие нуклонов между собой в рамках SU(2) симметрии сильных взаимодействий. Необходимость группы большего ранга. Группа унитарной симметрии SU(3), её свойства. Матрицы Гелл_Манна и их свойства. Неприводимые представления группы SU(3). Унитарные мультиплеты.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	**Квантовые числа, характеризующие состояние частиц, входящих в унитарный мульти-плет.** Квантовые числа, характеризующие состояние частиц, входящих в унитарный мульти-плет. Конкретные унитарные мультиплеты адронов. Волновые функции октета барионов B (1/2+) и мезонов M(0-) и M(1-). Волновая функция декуплета барионов B (3/2+). Разложение прямых произведений представлений на неприводимые. Некоторые следствия строгой унитарной симметрии.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	**Процессы рассеяния октета мезонов (0-) на октете барионов (1/2+)** Процессы рассеяния октета мезонов (0-) на октете барионов (1/2+) . Унитарные соотно-шения между амплитудами. Нарушение унитарной симметрии. Массовые формулы для октета барионов, мезонов и декуплета барионов. Составная модель адронов. Кварки. Построение волновых функций барионов и мезонов из волновых функций кварков. Фундаментальные взаимодействия кварков с глюонами.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	**Полное наименование**
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции

ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проводится постоянный мониторинг знаний студентов по содержанию предыдущих лекций. Это позволяет корректировать процесс изложения материала в течение семестра, контролировать процесс обучения и заставляет студентов самостоятельно готовиться к занятиям.

По каждой лекции подготовлены презентации, что существенно повышает степень усвоения материала, позволяет использовать богатый иллюстративный материал из интернета и включать в лекции информацию о последних достижениях физики элементарных частиц. Для проведения тестирования используется система vector (vector.mephi.ru)

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	**Индикаторы освоения**	**Аттестационное мероприятие (КП 1)**
ПК-10	З-ПК-10	ЗО, Т-8
	У-ПК-10	ЗО, Т-8
	В-ПК-10	ЗО, Т-8
ПК-38.1	З-ПК-38.1	Т-15
	У-ПК-38.1	Т-15
	В-ПК-38.1	Т-15
ПК-38.3	З-ПК-38.3	Т-15
	У-ПК-38.3	Т-15
	В-ПК-38.3	Т-15
ПК-38.5	З-ПК-38.5	ЗО, Т-8
	У-ПК-38.5	ЗО, Т-8
	В-ПК-38.5	ЗО, Т-8
ПК-4	З-ПК-4	Т-15
	У-ПК-4	Т-15
	В-ПК-4	Т-15
ПК-6	З-ПК-6	ЗО, Т-8
	У-ПК-6	ЗО, Т-8
	В-ПК-6	ЗО, Т-8
ПК-8	З-ПК-8	ЗО, Т-15

	У-ПК-8	ЗО, Т-15
	В-ПК-8	ЗО, Т-15
ПК-9	З-ПК-9	ЗО, Т-15
	У-ПК-9	ЗО, Т-15
	В-ПК-9	ЗО, Т-15
УК-3	З-УК-3	ЗО, Т-15
	У-УК-3	ЗО, Т-15
	В-УК-3	ЗО, Т-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

<table>
<tr><th>Сумма баллов</th><th>Оценка по 4-х балльной шкале</th><th>Отметка о зачете</th><th>Оценка ECTS</th></tr>
<tr><td>90-100</td><td>5 – «отлично»</td><td rowspan="8">«зачтено»</td><td>A</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td rowspan="3">4 – «хорошо»</td><td>B</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td rowspan="2">D</td></tr>
<tr><td>65-69</td><td rowspan="2">3 – «удовлетворительно»</td></tr>
<tr><td>60-64</td><td>E</td></tr>
<tr><td>ниже 60</td><td>2 – «неудовлетворительно»</td><td>«не зачтено»</td><td>F</td></tr>
</table>

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки,

не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Б 18 Квантовая механика : учебное пособие, Байков Ю. А., Кузнецов В. М., Москва: Лаборатория знаний, 2020

2. ЭИ Ф 80 Уравнения состояния вещества от идельного газа до кварк-глюонной плазмы : учебное пособие, Фортов В. Е., Москва: Физматлит, 2012

3. ЭИ Ф 80 Физика высоких плотностей энергии : учебное пособие, Фортов В. Е., Москва: Физматлит, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 И75 Квантовая хромодинамика Кн. 1 , Иоффе Б.Л., Москва: ЦСПиМ, 2012

2. 539.1 Ж70 Симметрии сильных взаимодействий (кварковая модель адронов) : учеб. пособие для вузов, Жижин Е.Д., Москва: МИФИ, 2005

3. 539.1 Г37 Тетракварки, пентакварки, гексакварки в релятивистской кварковой модели : , Герасюта С.М., Мацкевич Е.Е., Кочкин В.И., Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2012

4. 539.1 О-52 Физика элементарных частиц : , Окунь Л.Б., Москва: ЛКИ, 2008

5. 539.1 Е60 Фундаментальные симметрии : учебное пособие для вузов, Емельянов В.М., Москва: МИФИ, 2008

6. 53 Ш64 Ядерная физика : Учебное пособие для ун-тов, Широков Ю.М., Юдин Н.П., Москва: Наука, 1972

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

https://online.mephi.ru/

http://library.mephi.ru/

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Для самостоятельного изучения материала курса 1-ого семестра магистратуры, указанного в структуре курса, рекомендуется использовать учебное пособие Е.Д. Жижин, “Симметрии сильных взаимодействий (кварковая модель адронов).”, Учеб. пособие, Москва.,МИФИ,2005

2. Для решения задач из задания для самостоятельной работы в случае необходимости можно воспользоваться указаниями из учебных пособий Е.Д. Жижин, “Симметрии сильных взаимодействий (кварковая модель адронов).”, Учеб. пособие, Москва.,МИФИ,2005 и Е.Д. Жижин, “Описание процессов электромагнитного взаимодействия частиц в квантовой электродинамике.”, Учеб. пособие, Москва.,МИФИ,2004

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Для самостоятельного изучения материала курса 1-ого семестра магистратуры, указанного в структуре курса, рекомендуется использовать учебное пособие Е.Д. Жижин, “Симметрии сильных взаимодействий (кварковая модель адронов).”, Учеб. пособие, Москва.,МИФИ,2005

2. Для решения задач из задания для самостоятельной работы в случае необходимости можно воспользоваться указаниями из учебных пособий Е.Д. Жижин, “Симметрии сильных взаимодействий (кварковая модель адронов).”, Учеб. пособие, Москва.,МИФИ,2005 и Е.Д. Жижин, “Описание процессов электромагнитного взаимодействия частиц в квантовой электродинамике.”, Учеб. пособие, Москва.,МИФИ,2004

Автор(ы):

Булеков Олег Владимирович, к.ф.-м.н., доцент