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

СИЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

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
1	3	108	32	32	0		44	0	З
Итого	3	108	32	32	0	32	44	0	

АННОТАЦИЯ

Изучается теория сильных взаимодействий кварков и глюонов – квантовая хромодинамика (КХД). Излагаются базовые принципы, лежащие в основе КХД, и применение теории к описанию ключевых физических процессов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Сильные взаимодействия» является формирование у студентов понимания устройства материи на фундаментальном кварковом уровне. В дальнейшем это позволит изучать современные научные публикации и работать в области экспериментальной и теоретической физики элементарных частиц.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс «Сильные взаимодействия», наряду с курсом по теории электрослабого взаимодействия, завершает знакомство студентов со Стандартной Моделью. Для освоения данной дисциплины обучающий должен:

-- иметь хорошую математическую подготовку, включая базовые знания по теории групп;

-- свободно владеть аппаратом квантовой механики;

-- обладать знанием основ теории поля, включая технику диаграмм Фейнмана;

-- иметь навык устных и письменных вычислений.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**
УК-1 [1] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	З-УК-1 [1] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [1] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [1] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий
УК-2 [1] – Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	З-УК-2 [1] – Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами

	У-УК-2 [1] – Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла В-УК-2 [1] – Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта
УК-6 [1] – Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	З-УК-6 [1] – Знать: методики самооценки, самоконтроля и саморазвития с использованием подходов здоровьесбережения У-УК-6 [1] – Уметь: решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности; применять методики самооценки и самоконтроля; применять методики, позволяющие улучшить и сохранить здоровье в процессе жизнедеятельности В-УК-6 [1] – Владеть: технологиями и навыками управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни, в том числе с использованием здоровьесберегающих подходов и методик

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 опыта)**	**Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции**
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	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,	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	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

самостоятельной формулировке задач;	современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками;	формулировке задач; *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	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 схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками;	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 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;
оценка перспектив развития атомной отрасли,	атомное ядро, элементарные частицы и плазма,	ПК-3 [1] - Способен оценивать перспективы развития	З-ПК-3[1] - Знать достижения научно-технического

использование ее современных достижения и передовых технологий в научно-исследовательской деятельности;	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;	атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	прогресса ; У-ПК-3[1] - Уметь применять полученные знания к решению практических задач.; В-ПК-3[1] - владеть методами моделирования физических процессов.
экспертный			
оценка соответствия предлагаемого решения достигнутому мировому уровню;	разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине;	ПК-38.7 [1] - Способен провести общую проверку предлагаемому решению, гипотезе в области экспериментальной ядерной физики и космофизики; *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-38.7[1] - Знать методы проверки предлагаемых решений, гипотез в области экспериментальной ядерной физики и космофизики;; У-ПК-38.7[1] - Уметь проводить общую проверку предлагаемого решения, гипотезы в области экспериментальной ядерной физики и космофизики;; В-ПК-38.7[1] - Владеть методами проверки предлагаемых решений, гипотез в области экспериментальной ядерной физики и космофизики;
педагогический			
овладение основами педагогической и учебно-методической	атомное ядро, элементарные частицы и плазма,	ПК-7 [1] - Способен к овладению основами педагогической и	З-ПК-7[1] - Знать основы педагогической и

работы;	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;	учебно-методической работы *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	учебно-методической работы ; У-ПК-7[1] - Уметь пользоваться основными техниками педагогической и учебно-методической работы; В-ПК-7[1] - Владеть основными техниками педагогической и учебно-методической работы

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
	1 Семестр						
1	Первый раздел	1-8	16/16/0		25	КИ-8	З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1, З-ПК-38.3, У-ПК-38.3, В-ПК-38.3, З-ПК-38.7, У-ПК-38.7, В-ПК-38.7, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1,

							З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
2	Второй раздел	9-16	16/16/0		25	КИ-16	З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1, З-ПК-38.3, У-ПК-38.3, В-ПК-38.3, З-ПК-38.7, У-ПК-38.7, В-ПК-38.7, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
	Итого за 1 Семестр		32/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	З	З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1, З-ПК-38.3, У-ПК-38.3, В-ПК-38.3, З-ПК-38.7, У-ПК-38.7, В-ПК-38.7, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2,

							З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6

* – 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**
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	**Темы занятий / Содержание**	**Лек., час.**	**Пр./сем., час.**	**Лаб., час.**
	1 Семестр	32	32	0
1-8	**Первый раздел**	16	16	0
1	**Введение.** Система единиц и метрика. Стандартная модель. Действие и лагранжиан. Глобальная и локальная симметрии	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	**Цвет, кварки и глюоны.** Цветовая структура мезонов и барионов. Аннигиляция электрона и позитрона в адроны. Группа SU(3), генераторы и представления.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	**Калибровочная инвариантность.** Длинная производная. Калибровочное преобразование. Тензор глюонного поля	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	**Лагранжиан КХД. Правила Фейнмана.** Кинетический член и член Янга-Миллса. Трехглюонная вершина. Пропагаторы кварка и глюона. Кварк-глюонная вершина.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 7	**Асимптотическая свобода. Структурные функции, партоны** Глюоко-неупругое рассеяние. Переменная Бьеркена. Структурные функции. Партоны. Функции распределения	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	**Инфракрасная проблема. Кварконий.** Бегущая константа связи. Размерный параметр. Чармоний и малая ширина. Спектроскопия чармония и боттомония.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	**Второй раздел**	16	16	0
9 - 10	**Перенормировки. Функция Гелл-Манна--Лоу.** Расходимости в КХД. Однопетлевое приближение. Поля «духов» Фаддеева-Попова. Функция Гелл-Манна—Лоу.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

11 - 12	**Кварковый и глюонный конденсаты.** Киральная симметрия. Соотношение Гелл-Манна—Оакса—Реннера. Правила сумм.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	**КХД на решетке.** Евклидова формулировка. Глюонное поле на ребре решетки. Петля Вильсона.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	**Новые подходы.** Суперсимметрия, великое объединение, дополнительные измерения	Всего аудиторных часов		
		4	4	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

Курс состоит из трёх разных форм обучения: лекции, семинары и самостоятельная работа. Лекции проводятся с использованием современных технологий, в т.ч. мультимедийных. На семинарских занятиях студенты решают задачи по материалу текущих лекций, дома выполняют задания, которые сдаются в специально отведенное время.

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-38.1	З-ПК-38.1	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-38.1	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-38.1	З, КИ-8, КИ-16
ПК-38.3	З-ПК-38.3	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-38.3	З, КИ-8, КИ-16

	В-ПК-38.3	З, КИ-8, КИ-16
ПК-38.7	З-ПК-38.7	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-38.7	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-38.7	З, КИ-8, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
ПК-7	З-ПК-7	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-7	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-7	З, КИ-8, КИ-16
УК-1	З-УК-1	З, КИ-8, КИ-16
	У-УК-1	З, КИ-8, КИ-16
	В-УК-1	З, КИ-8, КИ-16
УК-2	З-УК-2	З, КИ-8, КИ-16
	У-УК-2	З, КИ-8, КИ-16
	В-УК-2	З, КИ-8, КИ-16
УК-6	З-УК-6	З, КИ-8, КИ-16
	У-УК-6	З, КИ-8, КИ-16
	В-УК-6	З, КИ-8, КИ-16

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="7">«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. 530 П28 Введение в квантовую теорию поля : , Шредер Д.В., Пескин М.Е., М.;Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001

2. 539.1 И75 Квантовая хромодинамика Кн. 1 , Иоффе Б.Л., Москва: ЦСПиМ, 2012

3. 539.1 И75 Квантовая хромодинамика Кн. 2 , Иоффе Б.Л., Москва: ЦСПиМ, 2013

4. ЭИ И 75 Физика элементарных частиц: квантовая хромодинамика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для вузов, Иоффе Б. Л., Москва: Юрайт, 2019

5. ЭИ И 75 Физика элементарных частиц: квантовая хромодинамика в 2 т. Том 2 : учебное пособие для вузов, Иоффе Б. Л., Москва: Юрайт, 2019

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 530.1 Р18 Квантовая теория поля : , Райдер Л., Волгоград: Платон, 1998

2. 530.1 Р82 Классические калибровочные поля : , Рубаков В.А., Москва: Эдиториал УРСС, 1999

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

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач.

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед очередной лекцией освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы студентам.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач.

Автор(ы):

Кербиков Борис Олегович