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

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ 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
2	4	144	30	20	0		58	0	Э
Итого	4	144	30	20	0	0	58	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе излагаются основы теории калибровочных полей – математического языка, на котором формулируется Стандартная Модель. Изучается конструкция калибровочной теории электрослабых взаимодействий Глэшоу-Вайнберга-Салама и вытекающей из неё эффективной теории Ферми.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является формирование знаний у студентов об устройстве Стандартной Модели, а также общее знакомство с языком теории калибровочных взаимодействий, и формирование умения им пользоваться.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

На начало изучения дисциплины стдуенты должны пройти следующие курсы: «Теория поля», «Квантовую механику», «Введение в ядерную физику» и др. Изучение курса откроет возможность изучения дальнейших курсов «Квантовой Теории Поля», «Гравитации» и пр. Также, изучение данного курса необходимо для научной работы в рамках НИРС и, главное, в рамках работы над дипломом.

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 опыта)**	**Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции**
научно-исследовательский			
проведение научных исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики,	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы	ПК-38.1 [1] - Способен к научным исследованиям в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики, к	З-ПК-38.1[1] - Знать методы исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;

самостоятельное решение поставленной задачи с выбором необходимых средств, готовность к самостоятельной формулировке задач;	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;	самостоятельному решению поставленной задачи с выбором необходимых средств, готовность к самостоятельной формулировке задач; *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	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
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

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	Первый раздел	1-8	16/10/0		25	СК-8	З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
2	Второй раздел	9-15	14/10/0		25	КИ-15	З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
	Итого за 2 Семестр		30/20/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	Э	З-ПК-38.1, У-ПК-38.1, В-ПК-38.1, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4

* – 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
СК	Семестровый контроль
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	2 Семестр	30	20	0
1-8	**Первый раздел**	16	10	0
1 - 2	**Введение** Место курса в физике высоких энергий. Тензорные обозначения. Вариационный принцип в механике и теории поля. Квантование интегралом по путям.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 5	**Теория поля** Скалярное поле, понятие частицы. Потенциал, масса. Диаграммы Фейнмана. Внутренняя и пространственная симметрия, теорема Нетер. Тензор энергии импульса и углового момента. Векторное поле, поляризация.	Всего аудиторных часов		
		6	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 8	**Необходимые сведения из теории групп** Определение группы, гомоморфизм. Группы Ли, их примеры. Алгебры Ли, генераторы, структурные константы. Представления группы, неприводимые представления. Мультиплеты. Группа вращений.	Всего аудиторных часов		
		6	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	**Второй раздел**	14	10	0
9 - 10	**Калибровочная теория** Глобальные и локальные симметрии. Длинная производная, калибровочные поля. Абелева теория, группа U(1). Неабелева теория, самовзаимодействие.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	**Фермионы** Группа Лоренца, её неприводимые представления. Инвариантный лагранжиан фермионов, уравнение Дирака. Спин, хиральность. Фермионы Вейля и Майораны. Лагранжиан КЭД.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 15	**Электрослабая теория** Лептонный сектор СМ. Нарушение Р-четности. Калибровочное смешивание, угол Вайнберга, гиперзаряды. Механизм Хиггса, массы W и Z бозонов. Остаточная U(1)-симметрия. Слабые и электромагнитные вершины, теория Ферми.	Всего аудиторных часов		
		6	2	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

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	**Темы занятий / Содержание**
	2 Семестр
1 - 5	**Теория поля** Решение вариационных задач, вывод и решение уравнений Эйлера-Лагранжа для различных потенциалов. Решение задач на теорему Нетер.
6 - 8	**Теория групп** Решение математических задач по теории групп, их представлений. Решение задач на часто используемые в физике группы Ли.
9 - 11	**Калибровочная теория** Решение задач на вычисления с калибровочной производной. Доказательство инвариантности лагранжиана фермионов и свободных калибровочных полей.
12 - 15	**Диаграммная техника** Решение задач на написание инвариантных лагранжианов и определение их вершин взаимодействий. Задачи на составление диаграмм процессов и написание их матричных элементов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Занятия проводятся в интерактивной форме. Даже во время лекции лектор постоянно обращается к аудитории с вопросами как на знание пройденного материала, так и озадачивающими студентов поднимаемой проблемой в рамках обсуждаемой темы.

Раз в несколько занятий проводятся тесты. На семинарах выдаются домашние задания, которые студенты рассказывают потом перед аудиторией, отвечают на вопросы.

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	Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-38.1	Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-38.1	Э, СК-8, КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-4	Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-4	Э, СК-8, КИ-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:

Сумма баллов	**Оценка по 4-х балльной шкале**	**Отметка о зачете**	**Оценка ECTS**
90-100	5 – *«отлично»*	*«зачтено»*	A
85-89	4 – «*хорошо*»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «*удовлетворительно*»		
60-64			E
ниже 60	2 – «*неудовлетворительно*»	*«не зачтено»*	F

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

2. ЭИ Е60 Лекции по основам электрослабой модели и новой физике : учебное пособие для вузов, Емельянов В.М., Белоцкий К.М., Москва: МИФИ, 2007

3. 530 Л22 Теоретическая физика Т.2 Теория поля, Ландау Л.Д., Москва: Физматлит, 2012

4. ЭИ В 31 Теоретическая физика. Квантовая электродинамика : Учебник для вузов, Вергелес С. Н., Москва: Юрайт, 2021

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

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

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 530 П28 Введение в квантовую теорию поля : , Шредер Д.В., Пескин М.Е., М.;Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001

2. ЭИ Е 92 Квантовая механика : Учебное пособие для вузов, Ефремов Ю. С., Москва: Юрайт, 2021

3. 530 В14 Квантовая теория полей Т.3 Суперсимметрия, Вайнберг С., Москва: Физматлит, 2002

4. 53 В14 Квантовая теория поля Т.2 Современные приложения, Вайнберг С., Москва: Физматлит, 2004

5. 530 С79 Классическая теория поля : учебное пособие для вузов, Степаньянц К.В., Москва: Физматлит, 2009

6. 539.1 Е60 Лекции по основам электрослабой модели и новой физике : учебное пособие для вузов, Емельянов В.М., Белоцкий К.М., Москва: МИФИ, 2007

7. 539.1 О-52 Лептоны и кварки : , Окунь Л.Б., Москва: ЛКИ, 2008

8. 539.1 Е60 Стандартная модель и её расширения : , Емельянов В.М., Москва: Физматлит, 2007

9. 53 Л22 Теоретическая физика Т.4 Квантовая электродинамика, Ландау Л.Д., Москва: Физматлит, 2006

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

Лекции читаются в аудиториях с использованием доски. Важно присутствовать на каждой лекции и вести конспект. Рекомендуется записывать важные моменты, отмечаемые лектором словами, даже если таковые показались очевидными. На протяжении каждой лекции преподаватель может задавать вопросы. В качестве основного материала для подготовки к экзамену рекомендуется использовать конспект лекции.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Для лучшего усвоения материала студентами каждую лекцию следует начинать с напоминания предыдущей лекции (лучше в виде вопросов) и пояснения ее связи с предстоящей. Важно задавать вопросы на знание материала из прошедших лекций или других курсов по мере обращения к этому материалу или по крайней мере проговаривать их связь. Также важно постоянно задавать вопросы, озадачивающие студентов поднимаемой проблемой в рамках обсуждаемой темы (даже если она совсем частного характера), стимулируя внимание и творческое участие студента в ходе рассуждений лектора.

Автор(ы):

Никулин Валерий Владимирович

Рубин Сергей Георгиевич, д.ф.-м.н., с.н.с.

Есипова Екатерина Александровна