

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
ФИЛИАЛ МГУ В Г. ДУБНЕ

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора  
филиала МГУ в г.Дубне  
/ Э.Э. Боос /  
«01» сентября 2024 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование дисциплины:

**Основы теории фундаментальных сил**

---

Уровень высшего образования:

**Магистратура**

---

Направление подготовки:

**03.04.02 Физика**

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Физика элементарных частиц

---

Форма обучения:

Очная

---

Дубна 2024

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению 03.04.02 «Физика», утвержденным приказом МГУ от 30.12.2020 г. № 1366.

Год (годы) приема на обучение \_\_\_\_\_

**Авторы–составители:**

1. Доктор физ.-мат. наук Теряев Олег Валерианович, профессор физического факультета МГУ по совместительству

Руководитель магистерской программы:

Доктор физ.-мат. наук, профессор академик РАН В.А. Матвеев, заведующий кафедрой физического факультета МГУ

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины**

В курсе изучаются современные представления о фундаментальной теории электромагнитных, сильных и слабых взаимодействий, принципы структуры элементарных частиц и их взаимодействий при высоких энергиях, обучающиеся знакомятся с основными экспериментальными фактами, лежащими в основе создания и развития Стандартной модели.

Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3 семестре и является обязательной для освоения обучающимися.

Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 36 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часа, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) – зачет в 3 семестре.

## 1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы теории фундаментальных сил» входит в блок «Профессиональный» вариативной части и является обязательной для освоения обучающимися

## 2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Базовые знания в области общей и теоретической физики в объеме классических университетских курсов

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Компетенции	Результаты обучения
ПК-1	<p><u>Знать</u> разделы ядерной физики, необходимые для решения поставленной научной задачи</p> <p><u>Уметь</u> применять экспериментальные и теоретические знания при решении поставленной научной задачи</p> <p><u>Владеть</u> экспериментальными и теоретическими методами исследования при решении научных задач в области современной ядерной физики</p>
МПК-1	<p><u>Знать</u> основные теории фундаментальных взаимодействий, их особенности и границы применимости.</p> <p><u>Уметь</u> применять основные теории и уравнения для описания фундаментальных взаимодействий в процессах физики элементарных частиц.</p> <p><u>Владеть</u> разделами высшей математики, необходимыми для описания фундаментальных взаимодействий.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе: 36 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Контактная работа включает в себя: занятия лекционного типа и занятия семинарского типа.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (ак.ч.)	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Форма текущего контроля успеваемости, наименование
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, академические часы<sup>1</sup></i>						
		Занятия лекционного типа (лекции)	Занятия семинарского типа			Всего		
Семинары	Лабораторные занятия		Практические занятия					
В поисках «элементарных» частиц	12	3	3			6	6	Опрос, проверка домашнего задания
Релятивистская квантовая механика	14	4	4			8	6	Опрос, проверка домашнего задания
Основы квантовой электродинамики	14	4	4			8	6	Опрос, проверка домашнего задания
Слабые взаимодействия	15	4	4			8	7	Опрос, проверка домашнего задания
Стандартная модель электрослабого взаимодействия	13	3	3			6	7	Опрос, проверка домашнего задания
<b>Промежуточная аттестация</b>							<b>4<sup>2</sup></b>	<b>Зачет</b>
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>36</b>					<b>36</b>	

1

Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий лекционного и(или) семинарского типа.

2

Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося

*Тема 1. В поисках «элементарных» частиц.*

Лептоны, фотоны, адроны, изотопическая инвариантность, силы взаимодействия. Экспериментальные проявления точечных и составных частиц. Сечения и формфакторы.

*Тема 2. Релятивистская квантовая механика.*

Уравнение Клейна-Гордона. Уравнение Дирака, античастицы. Алгебра гамма-матриц, решения свободного уравнения Дирака, их смысл, угловой момент, спин и спиральность электрона. Фермионы с нулевой массой. Электромагнитные и гравитационные формфакторы электрона, аномальный магнитный момент.

*Тема 3. Основы квантовой электродинамики.*

Лагранжиан, локальная калибровочная симметрия и электродинамика. Уравнения Максвелла для потенциала. Калибровка и калибровочная инвариантность. Эффект Боме-Ааронова, монополю Дирака. Теория возмущений. Диаграммы Фейнмана. Рассеяние электрона на мюоне, пропагатор фотона, независимость от калибровки. Комптоновское рассеяние. Пропагатор электрона. Квадрирование матричных элементов, дифференциальное сечение. Матрицы плотности, поляризационные эффекты.

*Тема 4. Слабые взаимодействия.*

Бета-распад нейтрона. Теория Ферми. Нарушение четности, киральность. CP-чётность. Время жизни мюона. Распад каонов. Угол Каббиво. Смешивание поколений, матрица смешивания Каббиво-Кобаяши-Маскава. Осцилляции каонов. Нарушение CP-чётности. Слабые распады лептонов и адронов. Сравнение вкладов электромагнитных и слабых взаимодействий, глубоко неупругое рассеяние нейтрино и антинейтрино на нуклоне.

*Тема 5. Стандартная модель электрослабого взаимодействия.*

Объединение электромагнитных и слабых взаимодействий на основе  $SU_L(2) \times U_Y(1)$  симметрии. Сильные взаимодействия и  $SU_C(3)$  симметрия. W- и Z-бозоны, нейтральные слабые токи. Поляризация безмассовых и массивных частиц, неренормируемость теории с массивными бозонами, связь с их продольной поляризацией. Самодействие калибровочных бозонов, гиромагнитное отношение. Спонтанное нарушение симметрии в электрослабой теории и КХД. Голдстоуновские бозоны. Механизм Хиггса. Модель Салама-Вайнберга. Массы W- и Z-бозонов, их взаимодействие с бозонами Хиггса. Взаимодействия фермионов с бозонами Хиггса. Массы фермионов. Экспериментальный статус теории. Физика на коллайдерах при различных энергиях. Физика ароматов, современная спектроскопия адронов. Физика нейтрино, смешивание и осцилляции. Связь физики частиц, астрофизики и космологии.

**6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Типовые вопросы для проведения текущей проверки успеваемости:

1. Асимптотическая свобода.
2. Рассеяние нейтрино на нуклонах.
3. Спонтанное нарушение симметрии

4. Сохранение киральности.
5. Регенерация каонов.

Типовые вопросы, задания для проведения промежуточной аттестации (зачета):

1. ФОРМФАКТОРЫ ЭЛЕКТРОНА: Дискретные симметрии и независимые амплитуды. Поперечность. Разложение по переданному импульсу, заряды и моменты. Низкоэнергетические теоремы. Дираковский и аномальный магнитный момент.
2. СЛАБЫЕ РАСПАДЫ: Распад пиона. Киральная инвариантность. Инклюзивный и эксклюзивные распады тау-лептона. Нарушение четности, поляризационные эффекты. Распады В-мезонов, матрица смешивания.
3. МЕХАНИЗМ ХИГГСА: Спонтанное нарушение глобальной и локальной симметрии. Степени свободы. Аналогия для сверхпроводника. Взаимодействие Юкавы. Массы бозонов и фермионов.

## 6.2. Шкала и критерии оценивания

Результат освоения дисциплины	Критерии оценивания знаний, умений и навыков			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
Знания	Отсутствие знаний	В целом успешные, но не систематические знания	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания	Успешные и систематические знания
Умения	Отсутствие умения применять знания фундаментальных и актуальных проблем.	В целом успешное, но не систематическое умение применять знания	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять знания	Успешное и систематическое умение применять знания
Навыки	Отсутствие/фрагментарные навыки в решении задач	В целом успешные, но не систематические навыки в решении задач	В целом успешные, но содержащее отдельные пробелы навыки в решении задач	Успешные и систематические навыки в решении задач

## **7. Ресурсное обеспечение**

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

6. Н.Н. Боголюбов и Д.В. Ширков, Квантовые поля, М: Наука, 1993, 2005.
7. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теоретическая физика: т. IV. Квантовая Электродинамика; М: ФИЗМАТЛИТ, 2001.
8. Б.Л. Иоффе, Л.Н. Липатов, В.А. Хозе, Глубоконеупругие процессы, М: Наука, 1983
9. Л.Б. Окунь. Лептоны и кварки. М.Ю Наука, 1981э

Дополнительная литература

1. М. Пескин, Д. Шредер, Введение в квантовую теорию поля, РХД, 2001 г.
2. М.Б. Волошин, К.А. Тер-Мартirosян, Теория калибровочных взаимодействий элементарных частиц, М: Энергоатомиздат 1981.

Описание материально-технической базы: курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски

**8. Язык преподавания:** русский