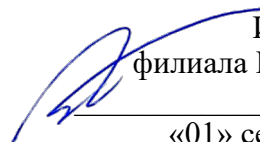


Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЛИАЛ МГУ В Г. ДУБНЕ

УТВЕРЖДАЮ

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Основные методы квантовой теории поля

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Фундаментальная и прикладная ядерная физика

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 Наумов Дмитрий Вадимович, профессор физического факультета МГУ по совместительству

Руководитель магистерской программы:

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

Аннотация к рабочей программе дисциплины

Цель курса формирование у обучающегося практического навыка для вычисления на древесном уровне ширин и сечений различных электрослабых процессов. Вычисления ведутся в рамках Фейнмановских диаграмм. Все вычисления доводятся до чисел и сравниваются с экспериментальными данными.

Дисциплина реализуется на 1 курсе в 1 семестре и входит в состав вариативной части.

Объем дисциплины составляет 3 з.е., в том числе 54 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 54 академических часа, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) – зачет в 1 семестре.

1.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основные методы квантовой теории поля» входит в состав вариативной части и реализуется в 1 семестре 1 года обучения.

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>Знать разделы ядерной физики, необходимыми для решения поставленной научной задачи</p> <p>Уметь применять экспериментальные и теоретические знания при решении поставленной научной задачи</p> <p>Владеть экспериментальными и теоретическими методами исследования при решении научных задач в области современной ядерной физики</p>
МПК-1	<p>Знать принципы построения диаграмм Фейнмана.</p> <p>Уметь строить и применять диаграммы Фейнмана для описания явлений в физике элементарных частиц.</p> <p>Владеть знаниями необходимого аппарата квантовой электродинамики и квантовой хромодинамики и умением его применять.</p>
МПК-3	<p>Знать методы вычисления сечений процессов и иных характеристик с помощью диаграмм Фейнмана.</p> <p>Уметь вычислять характеристики процессов физики элементарных частиц с помощью диаграмм Фейнмана</p> <p>Владеть аппаратом линейной алгебры, необходимым для работы с тензорами и успешным вычислением характеристик процессов физики элементарных частиц.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе: 54 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 54 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 часы¹</i>				Всего		
		Занятия лекционного типа (лекции)	Занятия семинарского типа		Практические занятия*			
Семинары	Лабораторные занятия*							
Симметрии частиц. История открытий в физике элементарных частиц	10	2	4			6	4	Опрос, проверка домашнего задания
Релятивистская квантовая механика. Уравнение Клейна-Гордона-Фока. Парадокс Клейна. Несостоятельность интерпретации решения уравнения Клейна-Гордона как волновой функции.	24	4	8			12	12	Опрос, проверка домашнего задания

¹Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий лекционного и(или) семинарского типа.

Уравнение Дирака, матрицы Дирака.	14	2	4			6	8	<i>Опрос, проверка домашнего задания</i>
Спин и орбитальный момент в теории Дирака. Решение свободного уравнения Дирака.	14	2	4			6	8	<i>Опрос, проверка домашнего задания</i>
Античастицы в уравнении Дирака.	10	2	4			6	4	<i>Опрос, проверка домашнего задания</i>
Вычисление энергии атома водорода в теории Дирака.	12	2	4			6	6	<i>Опрос, проверка домашнего задания</i>
Решение Волкова	10	2	4			6	4	<i>Опрос, проверка домашнего задания</i>
Нарушение причинности в релятивистской квантовой механике	10	2	4			6	4	<i>Опрос, проверка домашнего задания</i>
Промежуточная аттестация							4²	Зачет
Итого	108	54					54	

*Лабораторные занятия, практические занятия относятся к практической подготовке обучающихся.

²Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося

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:

Текущий контроль по дисциплине «Основные методы квантовой теории поля» осуществляется на лекциях и семинарских занятиях и заключается в оценке активности и качества участия в опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

1. Запишите уравнение Клейна-Гордона-Фока.
2. Запишите уравнение Дирака.
3. Запишите явный вид решений свободного уравнения Дирака и уравнения Клейна-Гордона-Фока.
4. Запишите соотношение, определяющее алгебру матриц Дирака.
5. Опишите спектр атома водорода в релятивистской теории.
6. Запишите явный вид решений Волкова.
7. Почему квантовая механика оказывается недостаточной и требует перехода к квантовой теории поля?

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

Экзамены проводятся в виде письменной работы с последующим собеседованием по изученным темам.

Материалы промежуточной аттестации обучающихся

Задача 1

Проверьте, что в системе единиц $\hbar = c = 1$ справедливо:

$$1 \text{ ГэВ} \approx 1.78 \cdot 10^{-24} \text{ г} \approx 1.6 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}$$

$$1 \text{ ГэВ}^{-1} \approx 6.58 \cdot 10^{-25} \text{ с} \approx 1.97 \cdot 10^{-14} \text{ см}$$

Задача 2

Найдите размерность напряженности магнитного поля в системе единиц $\hbar = c = 1$.
Чему равен один гаусс в этой системе единиц?

Задача 3

Найдите явное выражение для матрицы $\Lambda^\mu_\nu(v)$ для случая произвольного направления скорости $v = (v_1, v_2, v_3)$.

Задача 4

При помощи явного вида $\Lambda^\mu_\nu(v)$ из задачи (3) покажите, что скалярное произведение двух 4-векторов является лоренцовским инвариантом.

Задача 5

Поле \mathbf{A} представим в виде: $\mathbf{A} = {}^1_2 \mathbf{B} \times \mathbf{r}$. Убедитесь в том, что $\nabla \times ({}^1_2 \mathbf{B} \times \mathbf{r}) = \mathbf{B}$.

Задача 6

Найдите решение Волкова для $A^\mu = a^\mu \cos \varphi$.

Задача 7

Исследуйте, как изменяются билинейные формы при дискретных преобразованиях.

Задача 8

Получите точное выражение для амплитуды $U(t, y, x)$ в нерелятивистском случае.

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

1. М. Пескин, Д. Шредер «Введение в квантовую теорию поля» НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001 г.
2. Наумов Д.В. «Квантовая теория поля для экспериментаторов и не только» Ижевск: ИКИ, 2026.
3. Л.Б. Окунь «Лептоны и кварки» Наука, 1990 г.
4. С.М. Биленький «Введение в диаграммы Фейнмана и физику электрослабых взаимодействий» Энергоатомиздат, 1990 г.
5. Matthew D. Schwartz «Quantum Field Theory and the Standard Model» Cambridge University Press, 2014

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Видеокурс по квантовой теории поля на сайте Teach-in (с конспектом) <https://teach-in.ru/course/quantum-field-theory-naumov>.
2. Видеокурс по стандартной модели на сайте Teach-in (с конспектом) <https://teach-in.ru/course/introduction-to-the-standard-model>.
3. Видеокурс по перенормировкам в квантовой теории поля на сайте Teach-in (с конспектом) <https://teach-in.ru/course/renormalization-in-qft>

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

8. Язык преподавания: русский