

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 /
« ____ » _____ 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Основные методы квантовой теории поля

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) ОПОП:

Физика элементарных частиц

Форма обучения: Очная форма обучения

Дубна 2022 г.

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Основные методы квантовой теории поля»

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 числа и сравниваются с экспериментальными данными.

1. **Форма обучения:** очная.

2. **Язык обучения:** русский.

3. **Содержание дисциплины**

1. Основы квантовой теории.
 - Базисы, переходы между ними.
 - Квантовый осциллятор, атом водорода, операторы рождения и уничтожения.
2. Уравнения Максвелла.
 - СТО, 4-векторы, метрический тензор.
 - Инварианты, 4-дивергенция.
3. Уравнение Клейна-Гордона.
 - Тонкое расщепление уровней энергии в атоме водорода в теории Клейна-Гордона.
 - Несостоятельность интерпретации решения уравнения Клейна-Гордона как волновой функции.
4. Уравнение Дирака.
 - Гамма матрицы, их алгебра, вычисление следов, разложение по базису, тождество Фирца.
 - Нерелятивистский переход в теории Дирака и спектр атома водорода.
5. Одночастичная волновая функция
 - Предсказание античастицы.
 - Несостоятельность интерпретации решения уравнения Дирака как одночастичной волновой функции.

7. **Объем дисциплины**

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах				
		Общая трудоемкость	в том числе ауд.занятий			Самостоятельная работа студентов
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров	Учебно- практические занятия

Основные методы квантовой теории поля	2	72	36	18	18		36
---------------------------------------	---	----	----	----	----	--	----

8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Изучение курса «Основные методы квантовой теории поля» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; семинарские занятия, предусматривающие углубленное изучение и обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и семинарским занятиям. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на семинарских занятиях, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

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.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основные методы квантовой теории поля» проводится в первом и втором семестрах в виде экзамена.

Результаты сдачи зачета с оценкой оцениваются по шкале «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Оценочные средства текущего контроля		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на	Перечень тем, изучаемых в рамках

	выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	дисциплины
Тестирование	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний аспиранта по изученной теме.	Образцы тестов
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к экзамену
Собеседование	Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков по для оценивания и анализа различных фактов и явлений в своей профессиональной области.	Требования к порядку проведения собеседования

11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2/ неудовлетвори тельно	3/ удовлетворите льно	4/ хорошо	5/ отлично
ЗНАТЬ: принципы основные методы квантовой теории поля ИМПК-1.2	Отсутствие знаний об основных методах квантовой теории поля	В целом успешные, но не систематически знания об основных методах квантовой теории поля	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания об основных методах квантовой теории поля	Успешные и систематические знания об основных методах квантовой теории поля
ЗНАТЬ: методы вычисления сечений процессов и иных характеристик	Отсутствие знаний методов вычисления сечений процессов и иных характеристик с	В целом успешные, но не систематически знания методов вычисления	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания методов	Успешные и систематические знания методов вычисления сечений процессов и иных

с помощью диаграмм Феймана ИМПК-3.1	помощью диаграмм Феймана	сечений процессов и иных характеристик с помощью диаграмм Феймана	вычисления сечений процессов и иных характеристик с помощью диаграмм Феймана	характеристик с помощью диаграмм Феймана
УМЕТЬ: строить и применять диаграммы Феймана для описания явлений в физике элементарных частиц ИМПК-1.2	Отсутствие умения строить и применять диаграммы Феймана для описания явлений в физике элементарных частиц	В целом успешное, но не систематическое умение строить и применять диаграммы Феймана для описания явлений в физике элементарных частиц	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение строить и применять диаграммы Феймана для описания явлений в физике элементарных частиц	Успешное и систематическое умение строить и применять диаграммы Феймана для описания явлений в физике элементарных частиц
УМЕТЬ: вычислять характеристики и процессов физики элементарных частиц с помощью диаграмм Феймана ИМПК-3.1	Отсутствие умения вычислять характеристики процессов физики элементарных частиц с помощью диаграмм Феймана	В целом успешное, но не систематическое умение вычислять характеристики процессов физики элементарных частиц с помощью диаграмм Феймана	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение вычислять характеристики процессов физики элементарных частиц с помощью диаграмм Феймана	Успешное и систематическое умение вычислять характеристики процессов физики элементарных частиц с помощью диаграмм Феймана
ВЛАДЕТЬ: знаниями необходимого аппарата квантовой электродинамики и квантовой хромодинамики и умением его применять ИМПК-1.2	Отсутствие/фрагментарное владение знаниями необходимого аппарата квантовой электродинамики и квантовой хромодинамики и умением его применять	В целом успешное, но не систематическое владение знаниями необходимого аппарата квантовой электродинамики и квантовой хромодинамики и умением	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями необходимого аппарата квантовой электродинамики и квантовой	Успешное и систематическое владение знаниями необходимого аппарата квантовой электродинамики и квантовой хромодинамики и умением его применять

		его применять	хромодинамику и умением его применять	
ВЛАДЕТЬ: аппаратом линейной алгебры, необходимым для работы с тензорами и успешным вычислением характеристик процессов физики элементарных частиц ИМПК-3.1	Отсутствие/фрагментарное владение аппаратом линейной алгебры, необходимым для работы с тензорами и успешным вычислением характеристик процессов физики элементарных частиц	В целом успешное, но не систематическое владение аппаратом линейной алгебры, необходимым для работы с тензорами и успешным вычислением характеристик процессов физики элементарных частиц	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владение аппаратом линейной алгебры, необходимым для работы с тензорами и успешным вычислением характеристик процессов физики элементарных частиц	Успешное и систематическое владение аппаратом линейной алгебры, необходимым для работы с тензорами и успешным вычислением характеристик процессов физики элементарных частиц

12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

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 $\Lambda_v^\mu(v)$ 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 $\nabla \times ({}^1_2 \mathbf{B} \times \mathbf{r}) = \mathbf{B}$.

14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Основная литература

1. Л.Б.Окунь "Лептоны и кварки" Наука, 1990 г.
2. Л.Б.Окунь "Физика элементарных частиц", Наука 1988 г.
3. С.М.Биленький "Введение в диаграммы Фейнмана и физику электрослабых взаимодействий" Энергоатомиздат, 1990 г.
4. Ю.Комминс, Ф.Буксбаум "Слабые взаимодействия лептонов и кварков" Энергоатомиздат 1987г.

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Операционная система Astra Linux (<https://astralinux.ru/>) или аналог, с офисным пакетом, с пакетами разработчика.

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. База данных РИНЦ (российский индекс научного цитирования) <http://www.elibrary.ru>

Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика», курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.