

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 16.05.2024 12:11:27

Уникальный программный ключ:

ca953a01204891083f939673076ef1a989aae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

**«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

**Факультет физико-математических и естественных наук**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **КЛАССИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯ**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

#### **03.04.02 ФИЗИКА**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

#### **ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2024 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Классическая и квантовая теория поля» входит в программу магистратуры «Фундаментальная и прикладная физика» по направлению 03.04.02 «Физика» и изучается во 2 семестре 1 курса. Дисциплину реализует Научно-образовательный институт физических исследований и технологий. Дисциплина состоит из 15 разделов и 15 тем и направлена на изучение фундаментальных сведений по методам квантовой теории поля в применении к задачам физики элементарных частиц.

Целью освоения дисциплины является формирование у будущих физиков – теоретиков широких представлений о направлении развития современной теоретической физики. В первую очередь это касается таких научных направлений, как физика элементарных частиц и атомного ядра. Содержание курса посвящено изложению фундаментальных сведений по методам квантовой теории поля в применении к задачам физики элементарных частиц. В курсе квантовой теории поля даются основные представления о методах описания элементарных частиц и их взаимодействий в области высоких энергий.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Классическая и квантовая теория поля» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ПК-1	Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	ПК-1.1 Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости; ПК-1.2 Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать;

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Классическая и квантовая теория поля» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Классическая и квантовая теория поля».

*Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины*

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
------	--------------------------	---	--

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ПК-1	Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	Научно -исследовательская работа; Физика нелинейных процессов; <i>Физические методы диагностики**</i> ; <i>Теория атомного ядра**</i> ; <i>Физика лазеров**</i> ; <i>Введение в классическую и квантовую теорию поля**</i> ;	Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика; <i>Физика газовых разрядов**</i> ; <i>Теория элементарных частиц и кварков**</i> ;

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

\*\* - элективные дисциплины /практики

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Классическая и квантовая теория поля» составляет «4» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			2
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	54		54
Лекции (ЛК)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	18		18
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	54		54
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	36		36
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ак.ч.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>зач.ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
Раздел 1	Уравнение Дирака	1.1	Уравнение Дирака и свойства его решений, оператор Вигнера. Решение задачи Коши для уравнения Дирака. Структура наблюдаемых и канонический формализм для поля Дирака. Разложение по спинорному базису (каноническому и спиральному).	ЛК, СЗ
Раздел 2	Внутренние группы симметрии	2.1	Основные типы взаимодействий элементарных частиц. Трехчастичные взаимодействия Юкавы и четырехфермионные взаимодействия. Теорема переместительности Фирца. Кварки и лептоны, проблема поколений.	ЛК, СЗ
Раздел 3	Принцип калибровочной симметрии	3.1	Локализация внутренних групп симметрии и векторные калибровочные поля. Теория Янга – Миллса. Кварки и глюоны как калибровочные партнеры, носители цвета в квантовой хромодинамике.	ЛК, СЗ
Раздел 4	«Наивный» подход к квантованию полей	4.1	Основные принципы квантовой механики систем с конечным числом степеней свободы. Правило квантования Дирака как соответствие «скобка Пуассона $\square$ коммутатор». Функциональный метод квантования бозонных полей (конфигурационное представление).	ЛК, СЗ
Раздел 5	Метод вторичного квантования	5.1	Метод вторичного квантования как обобщение задачи о гармоническом осцилляторе: поле как совокупность осцилляторов. Представление чисел заполнения.	ЛК, СЗ
Раздел 6	Элементы теории обобщенных функций	6.1	Плоские волны и необходимость рассмотрения ненормированных (топологических) функциональных пространств. Задание топологии с помощью счетной системы полуноrm. Полные метризуемые локально выпуклые пространства (пространства Фреше) и их элементы – основные функции.	ЛК, СЗ
Раздел 7	Тензорное представление операторов в пространстве Фока	7.1	Пространство Фока как прямая сумма $n$ -частичных пространств. Элементарные операторы в пространстве Фока: оператор числа частиц, операторы тензорного умножения и свертки и операторы симметризации и антисимметризации.	ЛК, СЗ
Раздел 8	Общие принципы квантования полей	8.1	Правило квантования Дирака и необходимость его обобщения в теории поля. Динамический принцип Швингера – Фейнмана как квантовый принцип стационарного действия. Отождествление канонических и унитарных преобразований, генераторами которых служат вариации квантового действия.	ЛК, СЗ
Раздел 9	Квантование скалярного поля	9.1	Структура решений однородного и неоднородного уравнений Клейна – Гордона – Фока. Функция Паули – Иордана и решение задачи Коши. Запаздывающая и причинная функции Грина.	ЛК, СЗ
Раздел 10	Квантование массивного векторного поля	10.1	Уравнения Прока как обобщение уравнений Максвелла, условие Лоренца. Решение задачи Коши для уравнений Прока. Фурье-представление решений и структура наблюдаемых: энергия, импульс, спин.	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
			Перестановочные соотношения для полей и фурье-амплитуд. Круговой (циклический) базис. Структура пропагатора.	
Раздел 11	Квантование электромагнитного поля	11.1	Поперечность реальных фотонов и нековариантность кулоновской калибровки. Лагранжиан Ферми и независимое квантование 4-потенциалов. Противоречивость перестановочных соотношений и определения вакуума.	ЛК, СЗ
Раздел 12	Квантование спинорного поля	12.1	Лагранжиан и гамильтониан Дирака. Канонический формализм для уравнения Дирака. Разложение решения уравнения Дирака по базисным спинорам. Структура наблюдаемых и скалярного произведения. Антиперестановочные соотношения. Структура пропагатора.	ЛК, СЗ
Раздел 13	Матрица рассеяния в квантовой теории поля	13.1	Различные квантовые схемы (картины): Гейзенберга, Шредингера, Дирака (взаимодействия). Учет взаимодействия в представлении Гейзенберга, фермионные и бозонные квантовые токи. Уравнения Янга – Фельдмана для интерполирующих полей.	ЛК, СЗ
Раздел 14	Правила Фейнмана в квантовой электродинамике	14.1	Представление S-матрицы в виде функционального степенного ряда относительно функции включения взаимодействия. Теорема Вика для нормального и T- произведений.	ЛК, СЗ
Раздел 15	Учет радиационных поправок (теория возмущений)	15.1	Петлевые диаграммы и расходимости S-матрицы. Регуляризация причинных функций по Паули – Вилларсу. Учет размерных соображений и теорема Гейзенберга о ренормируемых и неренормируемых взаимодействиях.	ЛК, СЗ

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом	

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
	специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

*Основная литература:*

1. Гриббин, Дж. В поисках кота Шредингера. Квантовая физика и реальность / Дж. Гриббин. - М.: Рипол-классик, 2019. - 352 с.

2. Бояркин, О.М. Физика частиц - 2013: От электрона до бозона Хиггса. Квантовая теория свободных полей / О.М. Бояркин, Г.Г. Бояркина. - М.: Ленанд, 2018. - 296 с.

*Дополнительная литература:*

1. Дж.Д. Бьёркен, С.Д. Дрелл. Релятивистская квантовая теория поля. Т. 1, 2. М.: Наука, 1978. 296 с., 408 с.

2. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. Введение в теорию квантованных полей. М.: Наука, 1973. 416 с.

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)

- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации

<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>

- поисковая система Google <https://www.google.ru/>

- реферативная база данных SCOPUS

<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Классическая и квантовая теория поля».

\* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Классическая и квантовая теория поля» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.



**РАЗРАБОТЧИК:**

Профессор

*Должность, БУП*

*Подпись*

Рыбаков Юрий Петрович

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

И.о. директора ИФИТ

*Должность БУП*

*Подпись*

Кравченко Николай

Юрьевич

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Профессор

*Должность, БУП*

*Подпись*

Лоза Олег Тимофеевич

*Фамилия И.О.*