

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 13.10.2022 11:31:31  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»**

**Учебно-научный институт гравитации и космологии**

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

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Введение в классическую теорию 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):**

Гравитация, космология и релятивистская астрофизика.  
Реализуется совместно с КазНУ Аль-Фараби на английском языке

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

---

**2022 г.**

### Цели и задачи дисциплины:

Курс направлен на предоставление студентам систематических знаний об основах современной фундаментальной теоретической физики, в том числе квантовой теории поля и теории гравитации. Такой основой является хорошо разработанная и, с другой стороны, постоянно развивающаяся теория классических релятивистских полей, включая ее идейную составляющую и формализм, в первую очередь лагранжеев подход. Освоение основных принципов и методов классической теории поля совершенно необходимо для успешного дальнейшего восприятия теоретико-физических дисциплин.

1. **Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина «Введение в классическую теорию поля» относится к дисциплинам базовой части общенаучного цикла основной образовательной программы по направлению 03.04.02 «ФИЗИКА». Предполагается владение студентом знаниями из общей и математической физики и в соответствии со следующими компетенциями:

- способность оперировать углубленными знаниями в области математики и естественных наук (УК-1);
- способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение (ОПК-1);
- способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности (УК-6).

Основными предшествующими дисциплинами являются «Теоретическая механика», «Электродинамика», «Квантовая механика», «Математический анализ», «Методы математической физики».

*(указывается цикл, к которому относится дисциплина; формулируются требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студента, необходимым для ее изучения; определяются дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)*

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- иметь углубленные знания в области математики и естественных наук (УК-1).

*(указываются в соответствии с ФГОС ВО)*

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** методологию физики

**Уметь:** использовать в научном процессе знание фундаментальных основ, современных достижений и тенденций научной деятельности, профессионально оформлять и представлять результаты исследований;

**Владеть:** основами методологии научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени.

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		1	2	3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	26	26			
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	13	13			

Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)	13	13			
Лабораторные работы (ЛР)					
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>46</b>	<b>46</b>			
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Подготовка в семинарским занятиям	44	44			
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	2	2			
Общая трудоемкость	72 часа	72	72		
	2 зач. ед.	2	2		

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	<b>Общее понятие физического поля. Фундаментальные релятивистские поля. Лагранжев подход в теории поля.</b>	Общее понятие физического поля. Фундаментальные поля. Геометрические и “внешние” поля. Отношение между полями и частицами. Поля и взаимодействия. Роль поля в квантовой теории. Уравнения поля. Пример: скалярное поле и уравнение Клейна-Гордона (в пространстве Минковского и Римана). Лагранжева теория поля. Критерии выбора лагранжианов. Вариационная процедура и уравнения Эйлера-Лагранжа. Пример: комплексное скалярное поле в римановом пространстве-времени.
2.	<b>Инвариантность уравнений поля. Связь инвариантности и законов сохранения.</b>	Инвариантность лагранжиана и уравнений поля. Координатные и внутренние симметрии. Теорема Нетер и (локальные) законы сохранения. Пример: фазовая инвариантность и закон сохранения заряда (для комплексного скалярного поля). Трансляционная инвариантность и тензор энергии-импульса. Вращательная инвариантность и закон сохранения момента импульса. Спиновый момент.
3.	<b>Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла и законы сохранения.</b>	Электромагнитное поле. Лагранжиан и его неоднозначность. Уравнения Максвелла. Калибровочная инвариантность поля. Тензор энергии-импульса. Энергия и импульс электромагнитного поля. Закон сохранения энергии-импульса для системы «поле + частицы». Момент импульса и спин. Электромагнитное поле в римановом пространстве-времени

4.	<b>Спинорное поле и уравнения Дирака и Вейля.</b>	Представления группы Лоренца и общая концепция релятивистских полей. Спинорные представления, спиноры. Лагранжиан спинорного поля и уравнения Дирака. Алгебра матриц Дирака и тензорные инварианты спинорного поля. Индефинитность энергии спинорного поля. Понятие о записи уравнений Дирака в римановом пространстве-времени. Дискретные симметрии уравнений поля. P-, T- и C-инвариантность. Уравнения Вейля для «поля нейтрино» и его P- неинвариантность. Общая проблема нарушения четности и ее описание в теории поля. Понятие о CPT-теореме.
5.	<b>Взаимодействующие поля. Нелинейность и взаимодействие.</b>	Нелинейность уравнений поля. Самодействие поля. Пример: нелинейная спинорная теория поля Гейзенберга-Иваненко. Модель взаимодействующих скалярного и спинорного полей. Понятие о частицеподобных (солитоноподобных) решениях. Основные принципы нелинейной электродинамики. Теория Ми и Борна-Инфельда.
6.	<b>Калибровочные поля и калибровочно инвариантное взаимодействие</b>	Глобальные и локальные фазовые преобразования. Компенсирующие поля и локальная калибровочная инвариантность. Калибровочная группа. Лагранжиан взаимодействия электромагнитного поля со скалярным и спинорным. Основные представления и свойства частиц в скалярной и спинорной электродинамике.
7.	<b>Неабелевы калибровочные преобразования. Поля Янга-Миллса.</b>	Абелевы и неабелевы калибровочные поля. SU(2)-поля Янга-Миллса и их физический смысл. Лагранжиан, уравнения и симметрии полей Янга-Миллса. Условия самодуальности и их связь с уравнениями Янга-Миллса, самодуальные поля. Инстантонные решения и их топологические свойства. Комплексные поля Янга-Миллса и условия комплексной самодуальности. SL(2,C)-поля Янга-Миллса и электромагнитное поле. Статус и симметрии полей Янга-Миллса в теории электрослабых взаимодействий (векторные бозоны) и квантовой хромодинамики (глюоны).

*(Содержание указывается в дидактических единицах. По усмотрению разработчиков материал может излагаться не в форме таблицы)*

## 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	1	2	3	4	5	6	7
1.	<b>Квантовая теория поля</b>	+	+	+	+	+	+	+
2.	<b>Введение в теорию электрослабых</b>				+	+	+	+

	<b>взаимодействий</b>							
3.	<b>Введение в квантовую хромодинамику</b>						+	+
4.	<b>Классическая теория гравитации</b>	+						

### 5.3. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего час.
1.	<b>Общее понятие физического поля. Фундаментальные релятивистские поля. Лагранжев подход в теории поля.</b>	1			2	7	10
2.	<b>Инвариантность уравнений поля. Связь инвариантности и законов сохранения.</b>	2			2	6	10
3.	<b>Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла и законы сохранения.</b>	2			2	6	10
4.	<b>Спинорное поле и уравнения Дирака и Вейля</b>	2			2	6	10
5.	<b>Взаимодействующие поля. Нелинейность и взаимодействие.</b>	2			2	6	10
6.	<b>Калибровочные поля и калибровочно инвариантное взаимодействие</b>	2			2	6	10
7.	<b>Неабелевы калибровочные преобразования. Поля Янга-Миллса.</b>	2			1	7	10

### 6. Лабораторный практикум

Лабораторный практикум не предусмотрен.

### 8. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовые работы не предусмотрены.

### 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

:

а) основная литература

- 1) *Богуш А.А., Мороз Л.Г.* Введение в теорию классических полей – М.: УРСС, 2004. 384 с.
- 2) *Рубаков В.А.* Классические калибровочные поля. – М.: УРСС, 1999. 335 с.
- 3) *Балашова С.А.* Классическая теория поля. – М.: РУДН, 1997. 116 с.
- 4) *Ахиезер А.И., Берестецкий В.Б.* Квантовая электродинамика. – М.: Наука, 1969. 623 с.

б) дополнительная литература

1. *Степаньянц К.В.* Классическая теория поля. – М.: УРСС, 2009. 540с.
2. *Коноплева Н.В., Попов В.Н.* Калибровочные поля. — М.: Атомиздат, 1980. 240с.
3. *Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковскмй В.Ч., Борисов А.В.* Калибровочные поля. – М., МГУ, 1986. - 260 с.
4. *Раджараман Р.* Солитоны и инстантоны в квантовой теории поля. – М.: Мир, 1985. 416 с.
5. *Ченг Т.-П., Ли Л.-Ф.* Калибровочные теории в физике элементарных частиц. М., Мир, 1987. 624 с.

**10. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

При чтении лекций и презентации рефератов используются современные информационные технологии

**11. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:**

В процессе изучения материала студенты знакомятся с литературными источниками по предлагаемой тематике. По окончании курса проводится итоговый контроль знаний (экзамен).

*(указываются рекомендуемые модули внутри дисциплины или междисциплинарные модули, в состав которых она может входить, образовательные технологии, а также примеры оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации)*

---

**Разработчики:**

доцент

Должность,

УНИГК

название кафедры,

В.В. Кассандров

( инициалы, фамилия)

Должность,

название кафедры,

инициалы, фамилия)

**Заведующий**

УНИГК

название кафедры,

А.П. Ефремов

инициалы, фамилия