

**Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования Московской области  
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»  
(университет «Дубна»)  
Факультет естественных и инженерных наук  
Кафедра теоретической физики**

**УТВЕРЖДАЮ**

проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.В. Моржухина

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011 г.

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Теория калибровочных полей»

Магистерская программа 010700.68

«Теоретическая и математическая физика»

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: *магистр*

Курс 5, семестр 10

г. Дубна, 2011 г.

Автор программы:

Теряев Олег Валерианович,

профессор кафедры теоретической физики \_\_\_\_\_

(подпись)

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом магистерской программы «Теоретическая и математическая физика» **010700.68 ФИЗИКА.**

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики

Протокол заседания \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Фурсаев Д.В. /

профессор (подпись)

Рецензент:

***Трунин Михаил Рюрикович***

(Фамилия, имя, отчество)

***Доктор физико-математических наук***

(ученая степень, звание)

***Декан факультета общей и прикладной физики***

(должность, кафедра или иное подразделение, организация)

***Московского физико-технического института***

СОГЛАСОВАНО

Декан ФЕИН

доцент

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_ /Деникин А. С. /

(подпись)

Руководитель библиотечной системы \_\_\_\_\_ / Черепанова В.Г. /

(подпись)

(ФИО)

## 1. Выписка из ГОС ВПО

Относится к дисциплинам по выбору цикла СД(М). Знания, умения и навыки определяются ООП ВУЗа

## 2. Аннотация

Программа дисциплины «Теория калибровочных полей» составлена в соответствии ГОС ВПО магистерской программы 010700.68 «Теоретическая и математическая физика». Дисциплина «Теория калибровочных полей» входит в цикл специальных дисциплин магистерской подготовки СД(М).

### Место курса в профессиональной подготовке магистров.

Спецкурс служит продолжением дисциплины „Квантовой теории поля”. Для понимания материала курса студенту необходимы знания в объеме дисциплин бакалавриата: „Электродинамика”, „Физика фундаментальных взаимодействий”, „Теория групп”. Полученные знания необходимы студентам при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы и при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

### Формы работы студентов

При изучении курса «Теория калибровочных полей» студенты должны прослушать лекции, прочесть рекомендованную литературу, решить задачи.

**Виды текущего контроля:** опрос на лекциях, проверка домашних работ.

### Форма промежуточного контроля

Зачет, экзамен.

## 3. Цели и задачи дисциплины

Целью курса - изучение избранных вопросов классической и квантовой теории калибровочных полей. Задача курса научить студента применять основные методы и технические приемы теории калибровочных полей.

## 4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины (знания, умения, навыки)

В результате изучения курса студент должен

**понимать**, что такое калибровочная инвариантность, **знать** отличие абелевой калибровочной теории от неабелевой, геометрический смысл ковариантной производной, **иметь представление** об эффекте Боме-Ааронова, о монополе Дирака, дуальных полях, квантовании магнитного потока, **уметь** рассчитывать уровни Ландау в различных калибровках, **уметь** вычислять дисперсионные интегралы, аксиальную аномалию, **уметь** находить инстантонное решение, **владеть** методом дисперсионных соотношений.

## 5. Объем дисциплины и виды учебной работы (в часах)

Вид занятий	10-й семестр	
	Всего часов	
Общая трудоемкость	<b>110</b>	<b>110</b>
<b>Аудиторные занятия:</b>	<b>52</b>	<b>52</b>
Лекции	26	26
Семинары	26	26
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>58</b>	<b>58</b>
Виды итогового контроля		<b>Зачет, экзамен</b>

## 6. Разделы дисциплины

	Разделы дисциплины	Л	С	СР
1	<b>Абелевы калибровочные поля</b>	14	12	29
2	<b>Неабелевы калибровочные поля</b>	12	14	29
	Всего	26	26	58

### Содержание разделов дисциплины

#### Раздел 1. Абелевы калибровочные поля

1. Абелева калибровочная инвариантность. Ковариантная производная. Геометрический смысл ковариантной производной.
2. Заряженная частица в электромагнитном поле. Калибровочно-инвариантная волновая функция.
3. Заряженная частица в поле тонкого соленоида. Эффект Бома-Ааронова. Квантование магнитного потока.
4. Дуальность электрического и магнитного полей. Монополю Дирака. Нити. Квантование магнитного заряда.
5. Независимость напряженности магнитного поля от направления нити. Швингеровское удвоение кванта магнитного заряда
6. Угловой момент электромагнитного поля, создаваемого электрическим и магнитным зарядами. Квантование магнитного заряда и квантование спина.
7. Релятивистский электрон в электромагнитном поле.
8. Модель вакуума заряженных фермионов в магнитном поле. Уровни Ландау.
9. Движение вакуумных уровней Ландау в электрическом поле. Аксиальная аномалия.
10. Классические законы сохранения для векторного и аксиального тока в киральном пределе.
11. Квантовые законы сохранения для операторов и матричных элементов. Мнимые части матричных элементов и их связь с действительными. Дисперсионные соотношения.
12. Дисперсионные соотношения для матричного элемента аксиального тока и его дивергенции. Аксиальная аномалия в дисперсионном подходе.
13. Операторное соотношение для аксиальной аномалии в КЭД, его представление в виде 4-мерной дивергенции.

#### Раздел 2. Неабелевы калибровочные поля

14. Представление аксиальной аномалии в теории Янга-Миллса в виде 4-мерной дивергенции. Топологический ток. Связь пространственной и внутренней симметрии.
15. Евклидова теория поля, ее физическая интерпретация. Неравенство для оценки действия снизу, инстантоны.
16. Топологический заряд в теории Янга-Миллса. Представление в виде поверхностного интеграла от чисто калибровочного вклада.

17. Тензоры Тхуфта. Инстантонные решения. Понятие об инстантонном вакууме. Монополь Тхуфта-Полякова
18. Преобразование Бэклунда

### Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)
1	1	Ковариантная производная.
2	1	Заряженная частица в поле тонкого соленоида. Эффект Бомона-Ааронова
3	1	Швингеровское удвоение кванта магнитного заряда
4	1	Аксиальная аномалия.
5	1	Квантовые законы сохранения для операторов и матричных элементов
6	1	Дисперсионные соотношения для матричного элемента аксиального тока и его дивергенции.
7	2	Представление операторного соотношения для аксиальной аномалии в КЭД в виде 4-мерной дивергенции.
8	2	Аксиальная аномалия в теории Янга-Миллса
9	2	Неравенства Шварца
10	2	Топологический заряд в теории Янга-Миллса.
11	2	Монополь Тхуфта-Полякова.
12	2	Преобразования Бэклунда
13	2	Зачетная неделя

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### Основная литература

**1. Вайнберг С.** Квантовая теория поля: Пер. с англ. Т.2 : Современные приложения / Вайнберг Стивен; Под ред. В.Ч.Жуковского. - М.: Физматлит, 2003.

**2. Пескин М, Шредер Д.** Введение в квантовую теорию поля.- Ижевск-Москва:РХД, 2002.

**3. Славнов А.А.** Введение в квантовую теорию калибровочных полей / Славнов Андрей Алексеевич, Фаддеев Людвиг Дмитриевич. - М.: Наука, 1978.

### Дополнительная литература

**4. Вайнберг С.** Квантовая теория поля. Т.1 : Общая теория / Вайнберг Стивен; Пер. с англ. Я.А.Уржумова и др.; Под ред. В.Ч.Жуковского. - М.: Физматлит, 2003.

**5. Боголюбов Н.Н.** Квантовые поля: Учебное пособие для вузов / Боголюбов Николай Николаевич, Ширков Дмитрий Васильевич. - 3-е изд., доп. - М.: Физматлит, 2005.

**6. Румер Ю.Б.** Теория групп и квантовые поля / Румер Юрий Борисович, Фет Абрам Ильич. - 2-е изд. - М.: ЛИБРОКОМ, 2010.

### **Обзоры в периодических изданиях**

7. Вайнштейн А И, Захаров В И, Новиков В А, Шифман М А "Инстантонная азбука" *УФН*

**136** 553–591 (1982)

8. Иоффе Б Л "Аксиальная аномалия в квантовой электро- и хромодинамике и структура вакуума в квантовой хромодинамике" *УФН* **178** 647–653 (2008)