

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ТГПУ)



"УТВЕРЖДАЮ"

Декан ФМФ

А.Н. Макаренко

2013

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

M.2.B.01 «Классические поля»

ТРУДОЕМКОСТЬ (В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ) 5.

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Магистерская программа: Теоретическая физика

Степень (квалификация) выпускника: магистр

1. Цели изучения дисциплины

Курс «Классические поля» ставит своей целью знакомство студентов с методами построения различных моделей теории поля и вопросами спонтанного нарушения симметрии. Задачей курса является формирование навыка анализа свойств полевых моделей и исследования явления спонтанного нарушения симметрий.

2. Место учебной дисциплины в структуре основной образовательной программы.

Курс «Классические поля» относится к профессиональному циклу дисциплин и входит в состав его вариативной части. Преподавание курса «Классические поля» рассчитано на два семестра и начинается со второго. Его изучение опирается на знания по теоретической физике. Материал дисциплины используется в курсах «Квантовая теория поля», «Космология», «Квантовая теория излучения».

3. Требования к уровню освоения программы

Выпускник магистратуры должен обладать следующими компетенциями.

Общекультурными (ОК): ОК-1, ОК-5, ОК-7, ОК-10;

Профессиональными (ПК): ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10.

В процессе изучения курса «Классические поля» студент должен:

знатъ неприводимые представления группы Лоренца и группы Пуанкаре, релятивистские волновые уравнения, принципы построения калибровочных моделей теории поля и физический смысл спонтанного нарушения глобальной и калибровочной симметрий и механизма Хиггса.

уметь записывать действия различных моделей теории поля, доказывать калибровочную инвариантность(в случае калибровочных моделей) и выводить уравнения движения и анализировать нарушения симметрии.

обладать навыками вывода уравнений движения и тензора энергии-импульса для конкретных моделей теории поля и применения общих методов релятивистской теории поля к решению конкретных задач.

4. Общая трудоемкость дисциплины и виды учебной работы.

Общая трудоемкость дисциплины: 5 зачетных единиц

Вид учебной работы	Трудоемкость (в соответствии с учебным планом) (час)	Распределение по семестрам (час)	
	Всего 180	2	3
Аудиторные занятия	75	45	30
Лекции	50	30	20
Практические занятия	25	15	10
Семинары			
Лабораторные работы			
Другие виды аудиторных работ (за- нятия в интерактивной форме – 30% от аудиторных часов)	22	10	12
Другие виды работ			
Самостоятельная работа	78	39	39
Курсовой проект (работа)			
Реферат			
Расчетно-графические работы			

Формы текущего контроля			
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом	27	зачет	экзамен

5. Содержание учебной дисциплины

5.1. Разделы учебной дисциплины.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной работы (час) (в соответствии с учебным планом)				
		Аудиторные часы				Самостоятельная работа
		Всего	Занятия в интерактиве (не менее 30%)	Лекции	Практические занятия	
	2 семестр					
1	Релятивистская симметрия. Лагранжев формализм в теории поля.	25	7	18	7	19
2	Модели теории калибровочных полей	20	7	12	8	20
	3 семестр					
3	Спонтанное нарушение симметрии и механизм Хиггса	30	8	20	10	39
	Итого	75 ч., 2 з.ед.	22 ч., / 30 %	50 ч.	25 ч.	78 ч.

5.2. Содержание разделов дисциплины

2 семестр

- Релятивистская симметрия. Лагранжев формализм в теории поля.** Группа Лоренца, группа Пуанкаре. Алгебра Ли группы Лоренца и группы Пуанкаре. Неприводимые представления группы Лоренца. Неприводимые представления группы Пуанкаре. Релятивистские волновые уравнения: уравнение Клейна-Гордона-Фока, уравнение Дирака, уравнение Максвелла, уравнение Прока. Действие, лагранжиан, уравнение движения в теории поля. Глобальные и локальные симметрии, теорема Нетер, тензор энергии-импульса.
- Модели теории калибровочных полей.** Понятие модели теории поля. Модель вещественного скалярного поля. Модель комплексного скалярного поля. Модель многокомпонентного скалярного поля. Нелинейная сигма-модель. Модель спинорного поля. Теория взаимодействующих скалярного и спинорного полей, юкавская связь. Теория электромагнитного поля, калибровочная инвариантность, взаимодействие электромагнитного поля со скалярными и спинорными полями. Массивная электродинамика, штюкельберговы поля. Теория поля Янга-Миллса. Эйнштейновская гравитация, гравитация с высшими производными. Линеаризованная теория гравитация. Модели теории поля во внешнем гравитационном поле, неминимальная связь. Модель массивного свободного симметричного тензорного поля, восстановление калибровочной симметрии с помощью штюкельберговых полей. Теория свободного безмассового антисимметричного тензорного поля. Теория свободного массивного анти-

симметричного тензорного поля. Модель антисимметричного тензорного поля второго ранга с взаимодействием.

3 семестр

3. **Спонтанное нарушение симметрии и механизм Хиггса.** Понятие о классическом вакууме. Спонтанное нарушение дискретной симметрии. Спонтанное нарушение симметрии относительно группы $SO(2)$, спонтанное нарушение глобальной непрерывной симметрии. Свойства теории со спонтанным нарушением непрерывной глобальной симметрии, теорема Голдстона. Спонтанное нарушение калибровочной симметрии и механизм Хиггса. Спонтанное нарушение симметрии в электрослабой теории.

5.3. *Лабораторный практикум* - не предусмотрен учебным планом.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература:

1. Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков. Квантовые поля, М., Физматлит, 2011. (ЭБС «КнигаФонд»)
2. Бухбиндер, И.Л. Релятивистская симметрия. Учебное пособие/И.Л. Бухбиндер. – Томск: ТГПУ, 2012, 96 с.
3. Бухбиндер, И.Л. Модели теории поля. Учебное пособие/И.Л. Бухбиндер. – Томск: ТГПУ, 2012, 72 с.

6.2 Дополнительная литература:

1. Рубаков, В. А.. Классические калибровочные поля. Бозонные теории /В. А. Рубаков.- Изд. 2-е, испр. и доп.-М.:КомКнига, 2005.-204 .
2. Рубаков, В. А. Классические калибровочные поля. Теории с фермионами. Некоммуникативные теории /В. А. Рубакова.-Изд. 2-е, испр. и доп.-М.:КомКнига, 2005.-236 с.
3. «Успехи физических наук». (Периодическое издание)

6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины:

1. <http://lib.mexmat.ru/books/6044>
2. <http://lib.mexmat.ru/books/6045>
3. <http://www.desy.de/~jlouis/Vorlesungen/QFTII/QFTIIscript.pdf>
4. <http://www.knigafund.ru/> --электронная библиотечная система КнигаФонд

6.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела (темы) учебной дисциплины (модуля)	Наименование материалов обучения, пакетов программного обеспечения	Наименование технических и аудиовизуальных средств, используемых с целью демонстрации материалов
1	Спонтанное нарушение симметрии и механизм Хиггса	презентация	мультимедийное оборудование

7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

7.1. Методические рекомендации для преподавателей

Большая доля времени курса отводится самостоятельной работе магистрантов

Преподаватель обязательно должен давать домашние задания, по возможности индивидуальные, на каждом практическом занятии и проверять на следующем. При систематическом невыполнении текущих заданий обучающийся получает дополнительную нагрузку на экзамене в виде задач и вопросов по незачтённым разделам. Об этом следует проинформировать магистрантов на первых лекциях.

Также в течение семестра преподавателям рекомендуется регулярно проверять усвоение магистрантами теоретического учебного материала. Опросы по пройденному материалу целесообразно проводить через каждые 8-12 лекционных часов в начале каждой лекции, следующей за перечисленными темами.

В опрос при этом могут включаться темы всех прочитанных после предыдущего опроса разделов. Ответы магистрантов оцениваются по пятибалльной системе, заносятся в журнал и используются как дополнительная информация при оценивании знаний учащихся на экзамене и при аттестации в середине семестра.

По возможности, помимо текущего контроля, в середине семестра желательно провести более длительную (от 20 до 45 минут) проверочную работу, включающую не только вопросы, но и задачи. Для простоты можно ограничиться одним вариантом заданий.

В начале курса преподаватель должен огласить список рекомендованной для изучения литературы, сделав упор на более близких к читаемому курсу источниках. При этом следует предупредить магистрантов, что некоторые темы, входящие в экзаменационные вопросы, будут разбираться ими самостоятельно. Предлагаемые магистрантам для самостоятельного изучения темы должны развивать их умение работать с литературой, но должны быть доступными, иметь обзорный характер, не требуя слишком детального проникновения в суть вопроса.

Формой отчётности по данному магистерскому курсу является зачет. Перечень вопросов к зачету и экзамену дан ниже.

7.2 Методические рекомендации для студентов

Студентам предлагается использовать рекомендованную литературу для более прочного усвоения учебного материала, изложенного в лекциях, а также для изучения материала, запланированного для самостоятельной работы. В течении семестра слушателям будут даны задачи для самостоятельного решения, которые необходимо сдать для получения зачета и допуска к экзамену. Типичные задачи разбираются на практических занятиях.

8. Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся:

8.1. Задания для самостоятельной работы:

1. Коммутационные соотношения для генераторов группы Пуанкарэ.
2. Неприводимые представления группы Лоренца на спин-тензорах.
3. Массивные и безмассовые представления группы Лоренца.
4. Доказательство теоремы Нетер.
5. Уравнения движения в сигма-модели.
6. Тензор энергии-импульса сигма-модели.
7. Уравнения движения в теории поля Янга-Миллса.
8. Тензор энергии-импульса поля Янга-Миллса.
9. Свойства калибровочных преобразований в теории поля Янга-Миллса.
10. Вывод уравнений движения в эйнштейновской гравитации из принципа действия.
11. Бесконечно малая форма калибровочных преобразований в гравитации.
12. Лианеризованное приближение в эйнштейновской гравитации.
13. Модель свободного массивного симметричного тензорного поля второго ранга.
14. Тензор энергии-импульса теории скалярного поля неминимально связанного с гравитацией.
15. Лагранжиан стандартной модели электрослабых взаимодействий

8.2. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (зачет, 2 семестр)

1. Группа Лоренца.
2. Группа Пуанкаре.
3. Генераторы и операторы Казимира группы Лоренца.
4. Генераторы группы и операторы Казимира группы Пуанкаре.
5. Действие, лагранжиан, уравнения движения.
6. Уравнение Клейна-Гордона-Фока.
7. Уравнение Дирака.
8. Уравнения Максвелла.
9. Уравнения Прока.
10. Лагранжиан теории вещественного скалярного поля
11. Лагранжиан теории комплексного скалярного поля
12. Лагранжиан сигма-модели
13. Лагранжиан свободного спинорного поля
14. Лагранжиан теории скалярного и спинорного полей с юкавским взаимодействием
15. Лагранжиан спинорной электродинамики
16. Лагранжиан скалярной электродинамики
17. Лагранжиан теории поля Янга-Миллса
18. Действие эйнштейновской гравитации
19. Модель массивной электродинамики
20. Лагранжиан теории безмассового антисимметричного тензорного поля второго ранга
21. Лагранжиан теории массивного антисимметричного тензорного поля второго ранга
22. Производящий функционал функций Грина

8.3. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамен, 3 семестр)

1. Понятие о классическом вакууме.
2. Понятие спонтанного нарушения симметрии.
3. Спонтанное нарушение дискретной симметрии.
4. Спонтанное нарушение симметрии относительно группы $SO(2)$.
5. Спектр масс частиц.
6. Спонтанное нарушение глобальной непрерывной симметрии.
7. Свойства теории со спонтанным нарушением непрерывной глобальной симметрии
8. Теорема Голдстоуна.
9. Голдстоуновские бозоны.
10. Спонтанное нарушение калибровочной симметрии
11. Механизм Хиггса.
12. Спектр масс в теориях со спонтанным нарушением калибровочной симметрии.
13. Спонтанное нарушение симметрии в электрослабой теории.
14. Проблема детектирования хиггсовского бозона

8.4. Формы контроля самостоятельной работы.

Проверка индивидуальных заданий, контрольный опрос (на коллоквиумах устный или письменный), выполнение контрольных работ.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки: 011200.68 Физика.

Рабочую программу учебной дисциплины составил:
доктор физ.- мат. наук, профессор



И.Л. Бухбиндер.

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики, протокол № 9 от "30" августа 2013г.

Заведующий кафедрой теоретической физики



И.Л. Бухбиндер

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена УМК физико-математического факультета ТГПУ, протокол № 1 от "30" августа 2013 г.

Председатель УМК физико-математического факультета



З. А. Скрипко