

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Калибровочные поля М2.ДВ.1

Направление подготовки: 011200.68 - Физика

Профиль подготовки: Физика сложных систем

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Аминова А.В.

Рецензент(ы):

Прошин Ю.Н.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Сушков С. В.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 6215

Казань
2014

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Аминова А.В. Кафедра теории относительности и гравитации Отделение физики, Asya.Aminova@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Калибровочные поля" (М 2.В 1.1) являются закрепление и углубление знаний, полученных при изучении дисциплин: Б.3Б.6 "Физика атомного ядра и элементарных частиц", Б.3.ДВ.6 "Общая теория относительности", Б.3.ДВ7 "Квантовая теория поля" и Б.2.Д.В.2.3 "Дифференцируемые многообразия и риманова геометрия"; изучение основных принципов и методов теории калибровочных полей; знакомство с современными тенденциями в развитии калибровочных полевых теорий и углубление представлений студентов о природе и взаимосвязи фундаментальных взаимодействий.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "М2.ДВ.1 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.68 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Дисциплина входит в вариативную часть профессионального цикла как дисциплина по выбору. Для освоения дисциплины студент должен владеть основами математического анализа, теории дифференциальных уравнений, методами математической физики, теории групп, римановой геометрии, классической теории поля, электродинамики, специальной и общей теории относительности. Знания, полученные в результате освоения данного курса, необходимы при изучении квантовой теории поля, теории элементарных частиц.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способность демонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук;
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой);
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности;
ПК-3 (профессиональные компетенции)	научно-исследовательская деятельность: способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики (в соответствии с профилем магистерской программы) и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий, использования новейшего отечественного и зарубежного опыта;
ПК-5	способность использовать свободное владение профессионально- профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки;

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-6	научно-инновационная деятельность: способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач (в соответствии с профилем подготовки);
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способность свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки);

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

базовые понятия и факты теории калибровочных полей; иметь представление об особенностях и основных идеях новейших теоретических исследований в области квантовой физики, использующих калибровочный подход.

2. должен уметь:

использовать основные принципы и методы теории калибровочных полей в своей научно-исследовательской деятельности.

3. должен владеть:

основными разделами и приемами вычислений в теории калибровочных полей, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой).

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Студент должен демонстрировать готовность к изучению основных положений теории калибровочных полей, способность овладеть методами решения соответствующих задач и упражнений, возникающих в теории классических калибровочных полей.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Инвариантные лагранжианы. Калибровочные поля.	3	1,2	2	2	0	домашнее задание
2.	Тема 2. Спонтанное нарушение симметрии.	3	3,4	2	2	0	домашнее задание
3.	Тема 3. Квантовая теория калибровочных полей. Интеграл по траекториям.	3	5,6	2	2	0	устный опрос
4.	Тема 4. Функции Грина. Производящие функционалы.	3	7,8	2	2	0	домашнее задание
5.	Тема 5. Неабелевы калибровочные поля. Метод Фаддеева-Попова.	3	9,10	2	2	0	устный опрос
6.	Тема 6. Электрослабое взаимодействие лептонов и кварков.	3	11,12	2	2	0	домашнее задание
7.	Тема 7. Солитоны, монополи и	3	13	2	0	0	устный опрос
4.2 Содержание дисциплины							
Тема 1. Инвариантные лагранжианы. Калибровочные поля.							
лекционное занятие (2 часа(ов)):							
Глобальные и локальные группы симметрий. Условие инвариантности лагранжиана. Калибровочная (локальная) инвариантность. Калибровочные поля. Лагранжиан калибровочных полей. Уравнения поля Янга-Миллса. Сохраняющиеся токи. Калибровочные группы U(1) и SU(2).							
практическое занятие (2 часа(ов)):							
Получение локально инвариантного лагранжиана из глобально инвариантного лагранжиана. Условие локальной инвариантности. Ковариантная производная.							
Тема 2. Спонтанное нарушение симметрии.							
лекционное занятие (2 часа(ов)):							
Теорема Коулмена. Теорема Голдстоуна. Спонтанное нарушение глобальной симметрии U(1). Голдстоуновский бозон. Остаточная симметрия.							
практическое занятие (2 часа(ов)):							
Механизм Хиггса. Абельева модель. Хиггсовский бозон. Неабелева модель с полностью нарушенной SU(2) симметрией. Частичное нарушение калибровочной симметрии.							
Тема 3. Квантовая теория калибровочных полей. Интеграл по траекториям.							
лекционное занятие (2 часа(ов)):							

Континуальный интеграл (интеграл по траекториям).

практическое занятие (2 часа(ов)):

Бозонные поля в формализме интеграла по траекториям. Фермионные поля в формализме интеграла по траекториям.

Тема 4. Функции Грина. Производящие функционалы.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Функции Грина. Производящие функционалы.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Функции Грина в теории возмущений. Диаграммы Фейнмана. Вершинные функции Грина.

Тема 5. Неабелевы калибровочные поля. Метод Фаддеева-Попова.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Неабелевы калибровочные поля. Метод Фаддеева-Попова.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Вывод формулы Фаддеева-Попова в электродинамике. Души Фаддеева-Попова.

Тема 6. Электрослабое взаимодействие лептонов и кварков.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Лагранжианы электрослабого взаимодействия частиц. Стандартные модели электрослабого взаимодействия лептонов и кварков.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Промежуточные векторные бозоны. Нейтральные слабые токи. Угол Вайнберга.

Тема 7. Солитоны, монополи и инстантоны.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Топологические солитоны. Кинк. Вихрь. Магнитные монополи. Евклидовы калибровочные теории. Инстантон в теории Янга-Миллса.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Инвариантные лагранжианы. Калибровочные поля.	3	1,2	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
2.	Тема 2. Спонтанное нарушение симметрии.	3	3,4	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
3.	Тема 3. Квантовая теория калибровочных полей. Интеграл по траекториям.	3	5,6	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
4.	Тема 4. Функции Грина. Производящие функционалы.	3	7,8	подготовка домашнего задания	7	домашнее задание
5.	Тема 5. Неабелевы калибровочные поля. Метод Фаддеева-Попова.	3	9,10	подготовка к устному опросу	5	устный опрос
6.	Тема 6. Электрослабое взаимодействие лептонов и кварков.	3	11,12	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Солитоны, монополи и инстантоны.	3	13	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
	Итого				46	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекции и практические занятия, организованные по стандартной технологии в интерактивной форме с живым диалогом между преподавателем и студентом. Использование мультимедийных средств и интернета.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Инвариантные лагранжианы. Калибровочные поля.

домашнее задание , примерные вопросы:

Получение локально инвариантного лагранжиана из глобально инвариантного лагранжиана.

Тема 2. Спонтанное нарушение симметрии.

домашнее задание , примерные вопросы:

Построение модели с полностью нарушенной $SU(2)$ симметрией.

Тема 3. Квантовая теория калибровочных полей. Интеграл по траекториям.

устный опрос , примерные вопросы:

Описание фермионных полей в формализме интеграла по траекториям.

Тема 4. Функции Грина. Производящие функционалы.

домашнее задание , примерные вопросы:

Построение матричного элемента S -матрицы с помощью производящего функционала.

Тема 5. Неабелевы калибровочные поля. Метод Фаддеева-Попова.

устный опрос , примерные вопросы:

Вывод формулы Фаддеева-Попова в электродинамике. Души Фаддеева-Попова.

Тема 6. Электрослабое взаимодействие лептонов и кварков.

домашнее задание , примерные вопросы:

Описание электромагнитного, слабого и сильного взаимодействий элементарных частиц (стандартная модель).

Тема 7. Солитоны, монополи и инстантоны.

устный опрос , примерные вопросы:

Нетопологические солитоны.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Глобальные и локальные группы симметрий.

Условие инвариантности лагранжиана.

Калибровочная (локальная) инвариантность.

Калибровочные поля.

Лагранжиан калибровочных полей.

Уравнения поля Янга-Миллса.

Сохраняющиеся токи.
Условие локальной инвариантности.
Ковариантная производная.
Спонтанное нарушение симметрии.
Теорема Коулмена.
Теорема Голдстоуна.
Спонтанное нарушение глобальной симметрии (абелев случай).
Спонтанное нарушение глобальной симметрии (неабелев случай).
Спонтанное нарушение локальной симметрии (абелев случай).
Спонтанное нарушение локальной симметрии (неабелев случай).
Остаточная симметрия.
Механизм Хиггса. Бозон Хиггса.
Континуальный интеграл (интеграл по траекториям).
Бозонные поля в формализме интеграла по траекториям.
Фермионные поля в формализме интеграла по траекториям.
Функции Грина. Производящие функционалы.
Метод Фаддеева-Попова.
Стандартная модель электрослабого взаимодействия лептонов.
Стандартная модель электрослабого взаимодействия кварков.
Стандартная модель (электромагнитного, слабого и сильного взаимодействий элементарных частиц).
Промежуточные векторные бозоны.
Нейтральные слабые токи. Угол Вайнберга.
Топологические солитоны.
Магнитные монополи.
Евклидовы калибровочные теории.
Инстантон в теории Янга-Миллса.

7.1. Основная литература:

Квантовая физика и строение материи, Фок, Владимир Александрович, 2013г.
Квантовая теория, Кочелаев, Борис Иванович, 2013г.
Ковалев В.А., Радаев Ю.Н. Элементы теории поля: вариационные симметрии и геометрические инварианты [Электронный источник]. Москва Физматлит 2009. - 150, [5] с. 2 л. портр.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2213

7.2. Дополнительная литература:

Квантовая теория поля, Борчердс, Ричард Е.; Мальцев, А. Я., 2007г.
Квантовая теория поля, Т. 2. Современные приложения, , 2004г.
Введение в теорию ранней Вселенной, Горбунов, Дмитрий Сергеевич; Рубаков, Валерий Анатольевич, 2010г.
Введение в теорию ранней Вселенной, Горбунов, Дмитрий Сергеевич; Рубаков, Валерий Анатольевич, 2008г.
Нелагранжевы калибровочные системы: геометрия и квантование, Шарапов, Алексей Анатольевич, 2007г.
Теоретическая физика, Т. 2. Теория поля, , 2006г.

Элементарные частицы и космос, Петрин, Станислав Васильевич, 2009г.

1. Нелипа, Николай Федорович. Физика элементарных частиц. Калибровочные поля: учебное пособие для студентов физ. спец. вузов / Н. Ф. Нелипа. - Москва: Высшая школа, 1985. - 280 с.: ил.; - 90 к.

2. Славнов, Андрей Алексеевич. Введение в квантовую теорию калибровочных полей / А. А. Славнов, Л. Д. Фаддеев.- Москва: Наука, 1978.- 240 с.

3. Боголюбов, Николай Николаевич. Собрание научных трудов = Collection of scientific works: в 12 т. / Николай Николаевич Боголюбов; редкол.: А. Д. Суханов - отв. ред. [и др.; Рос. акад. наук].- Москва: Наука, 2005; 22.- (Классики науки / редкол.: А.Ф. Андреев (пред.) [и др.]).-ISBN 5-02-034457-5.

Т. 9: Квантовая теория, Квантовая теория поля, 1949-1966 / [ред. Д. В. Ширков, А. Д. Суханов].-2007.-668 с.-ISBN 978-5-02-035722-8((т. 9)).

4. Боголюбов, Николай Николаевич. Собрание научных трудов = Collection of scientific works: в 12 т. / Николай Николаевич Боголюбов; редкол.: А. Д. Суханов - отв. ред. [и др.; Рос. акад. наук].-Москва: Наука, 2005; 22.- (Классики науки / редкол.: А.Ф. Андреев (пред.) [и др.]).-ISBN 5-02-034457-5.

Т. 11: Квантовая теория, Общие принципы квантовой теории поля / Н. Н. Боголюбов [и др.].-2008.-1006 с.-Предм. указ.: с. 933-939.-Библиогр.: с. 877-932.-ISBN 978-5-02-035719-8((Т. 11)), 520.

4. Коноплева, Н. П. Калибровочные поля и гравитация / Н. П. Коноплева // Ученые записки Казанского университета. - 2011. - Т. 153, кн. 3, Сер. Физ.-мат. науки. - С. 42-49.

5. Рубаков В. А. Классические калибровочные поля. Эдиториал УРСС. Москва. 1999.

6. Нелипа Н. Ф. Физика элементарных частиц. Калибровочные поля: учебное пособие для студентов физ. спец. вузов
Москва. Высшая школа. 1985

7.3. Интернет-ресурсы:

Архив электронных публикаций научных статей - www.arxiv.org

Сайт кафедры теории относительности и гравитации К(П)ФУ - <http://old.kpfu.ru/f6/k6/index.php>

Физическая энциклопедия - <http://allchem.ru/pages/physic/1481>

Электронная библиотека механико-математического факультета Московского государственного университета - <http://lib.mexmat.ru/allbooks.php>

Электронная библиотечная система - <http://znanium.com/>, <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Калибровочные поля" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.68 "Физика" и магистерской программе Физика сложных систем .

Автор(ы):

Аминова А.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Прошин Ю.Н. _____

"__" _____ 201__ г.