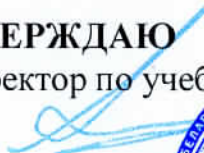


Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



А.Л. Толстик

(подпись)

03.02.17

(дата утверждения)

Регистрационный № 54/2017-53 /уч.



СПИНОВЫЕ СТЕПЕНИ СВОБОДЫ И КАЛИБРОВОЧНЫЕ СИММЕТРИИ

Учебная программа учреждения высшего образования

по учебной дисциплине для специальности

1-31 04 01 Физика (по направлениям),

направлению специальности

1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность)

Минск 2017 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 01-2013, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08. 2013 № 88; учебных планов №G31-163/уч., №G31и-174/уч., утвержденных 30.05.2013.

СОСТАВИТЕЛИ:

В.И. Стражев - профессор кафедры теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор;

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 23.05.2016 г.);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 09.06.2016);

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью учебной дисциплины «Спиновые степени свободы и калибровочные симметрии» является знакомство студентов с теоретико-групповыми методами рассмотрения симметричных аспектов классической и квантовой теории поля и их физическими приложениями.

Задачей учебной дисциплины является освоение студентами языка и математического аппарата теории групп и применение теоретико-групповых методов при рассмотрении симметрий негеометрического происхождения в классической и квантовой теории полей.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

- знать: основные понятия теоретико-группового описания спиновых и иных внутренних степеней свободы, теории релятивистских волновых уравнений, калибровочных групп симметрии;
- уметь: применять в рамках теоретических моделей методы теории групп при описании их физических характеристик;
- владеть: техникой теоретико-группового рассмотрения и установления симметрий релятивистских волновых уравнений.

Курс ориентирован на подготовку физиков-исследователей, специализирующихся по теоретической физике, и предусматривает рассмотрение на примерах уравнения Максвелла, Даффина-Кеммера, Дирака, Дирака - Кэлера симметрий, имеющих как геометрическое, так и негеометрическое происхождение. Изложение ведется в модельно независимом контексте и построено таким образом, что представляет интерес в равной степени для студентов, специализирующихся в области физики фундаментальных взаимодействий, классической и квантовой электродинамики.

Курс лекций концептуально связан с ранее читаемыми общетеоретическими курсами электродинамики и квантовой механики, специальным курсом классической теории поля, а также со специальным курсом квантовой электродинамики.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

- Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- Владеть системным и сравнительным анализом.
- Владеть исследовательскими навыками.
- Уметь работать самостоятельно.
- Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
- Быть способным к социальному взаимодействию.
- Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

- Быть способным к критике и самокритике.
- Уметь работать в команде.
- Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, современных технологий и материалов, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента.
- Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.
- Проводить планирование и реализацию физического эксперимента, оценивать функциональные возможности сложного физического оборудования.
- Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.
- Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.
- Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-исследовательской, научно-производственной и научно-педагогической работы.

Применять знания физических основ современных технологий, средств автоматизации, методов планирования и организации производства, правового обеспечения хозяйственной деятельности и налоговой системы, современного предпринимательства, государственного регулирования экономики и экономической политики.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины – 36; из них количество аудиторных часов — 34.

Форма получения высшего образования — очная, дневная,

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и контролируемой/управляемой самостоятельной работы. На проведение лекционных занятий отводится 28 часов, на управляемую самостоятельную работу — 6 часов.

Занятия проводятся на 4-м курсе в 8-м семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Спиновые степени свободы и негеометрические симметрии. Группа вращений и группа Лоренца. Теоретико-групповое описание спиновых свойств элементарных частиц. Приме-

ры векторного и дираковского полей. Малая группа Лоренца: геометрические и негеометрические симметрии.

2. **Дуальная симметрия и дуально заряженные частицы.** Дуальная симметрия электромагнитного поля: классическое и квантовое описание. Физическая интерпретация. Дуально симметричная «однозарядовая» электродинамика: классическое и квантовое описание. Дуальная симметрия и эквивалентность двух формулировок электродинамики. Современное состояние проблемы магнитного монополя.

3. **Поляризационная симметрия электромагнитного поля.** Поляризационная симметрия однородных уравнений Максвелла. Координатное представление. Конечные преобразования. Теорема Нётер и законы сохранения. Поляризационные параметры. Интегралы движения.

4. **Теоретико-групповое описание поляризации электромагнитных волн.** Методы описания поляризации электромагнитных волн. Параметры Стокса и поляризационная симметрия. Поляризационные характеристики электромагнитного поля.

5. **Поляризационная симметрия релятивистских волновых уравнений (РВУ).** Дополнительная инвариантность РВУ и её физическая интерпретация. Поляризационная симметрия в теории РВУ. Примеры: уравнение Дирака, уравнение Прока. Поляризационные параметры в теории рассеяния. Спиновая матрица плотности.

6. **Негеометрические симметрии уравнения Дирака.** Группа Паули и группа Паули-Гюрши в теории безмассового дираковского поля. Группа зарядовой симметрии в теории Дирака. Физические проявления негеометрических симметрий уравнения Дирака.

7. **Уравнение Даффина-Кеммера в теории векторного и скалярного полей.** Скалярные и векторные частицы в квантовой и классической теории полей. Уравнения Кальба – Рамонда. Безмассовое скалярное поле в теории суперструн. Негеометрические симметрии в теории векторного поля.

8. **Диальная симметрия уравнения Дирака-Кэлера.** Уравнение Дирака-Кэлера: векторная, тензорная, кватернионная, матричная формулировки. Описание дираковских частиц на его основе. Диальная симметрия, её теоретико-групповое описание и физическая интерпретация. Локальная диальная симметрия и калибровочное поле. Теория релятивистских волновых уравнений и обобщения уравнения Дирака-Кэлера.

9. **Квантовое описание поля Дирака-Кэлера.** Квантование поля Дирака-Кэлера. Индефинитная метрика. Оператор суперотбора. Калибровочная теория с некомпактной группой внутренней симметрии и индефинитной метрикой. Процедура квантования. Не-

применимость уравнения Дирака для описания кварков на решётке. Описание кварков в рамках решеточной формулировки КХД посредством уравнения Дирака-Кэлера.

Учебно-методическая карта дисциплины

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные	Иное			
1	2	3	4	5	6	7		8	9
1	Спиновые степени свободы и негеометрические симметрии.	4						[1], [2], [3], [4], [7], [8]	
2	Дуальная симметрия и дуально заряженные частицы	4						[1], [2], [3], [4]	
3	Поляризационная симметрия электромагнитного поля	2						[1], [3], [5] [13]	
4	Теоретико-групповое описание поляризации электромагнитных волн	2						[1], [2], [3], [6],	
	Текущий контроль успеваемости студентов по разделам №1-№4						2		Защита рефератов
5	Поляризационная симметрия релятивистских волновых уравнений (РВУ)	2						[1], [3], [4], [6], [7] [8]	
6	Уравнение Дирака в теории релятивистских волновых уравнений.	2						[1], [5]	
7	Негеометрические симметрии дираковского поля.	4						[1], [3], [5], [7]	
	Текущий контроль успеваемости студентов по разделам №5-№7						2		Защита рефератов
8	Уравнение Даффина-Кеммера	2						[1], [3], [5], [7]	
9	Уравнение Дирака-Кэлера и его обобщения	4						[4], [5], [6], [7]	
10	Уравнение Дирака-Кэлера и описание кварков на решётке в рамках КХД	2						[3], , [9]	
	Текущий контроль успеваемости студентов по разделам №1-№10						2		Коллоквиум
	Итого	28					6		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Стражев, В.И., Электродинамика с магнитным зарядом /В.И. Стражев, Л.М. Томильчик- Мн.: Наука и техника, 1975-336 с.
2. Стражев, В.И., Поляризационная симметрия /В.И. Стражев, - Мн.: Наука и образование, 1996.-184 с.
3. Стражев, В.И., Уравнение Дирака-Кэлера. Классическое поле. /В.И.Стражев, И.А. Сатиков, Д.А. Ционенко- Мн.: БГУ,2007.-136 с.
4. Федоров, Ф.И., Группа Лоренца / Ф.И. Федоров- М.: Физматиз, 1979.-383с.
5. Надь, К. Индефинитная метрика / К. Надь- М.: Мир, 1969.- 136 с.
6. Боголюбов, Н.Н., Введение в теорию квантовых полей / Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков - М.: Физматиз, 1973.- 416с.
7. Стражев В.И.. Релятивистские волновые уравнения и внутренние степени свободы/В.А. Плетюхов, В.М. Редьков, В.И. Стражев – Мн.:Беларуская навука,2015.-326с.

Перечень дополнительной литературы

8. Богуш А.А., Введение в полевую теорию элементарных частиц / А.А.Богуш - Мн.: Наука и техника, 1981. -372 с.
9. Кемпфер Ф., Основные положения квантовой механики / Ф. Кемпфер--М.: Наука, 1967-317 с.
10. Райдер Л., Квантовая теория поля /Л. Райдер - М.: Мир, 1987. - 380с.
11. Новожилов Ю.В., Введение в теорию элементарных частиц / Ю.В. Новожилов -М.: Наука, 1972. - 472 с.
12. Ченг Т.П., Калибровочные теории в физике элементарных частиц /Т.П. Ченг, Л.Ф. Ли - М.: Мир, 1987-318 с.
13. Яковлев В.И., Классическая электродинамика/В.И. Яковлев – М.: Ижевск,2016.-348с.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Коллоквиум
2. Реферативные работы

Мероприятия для контроля управляемой самостоятельной работой

Для контроля УСР используются: коллоквиум, который проводится в письменной форме, и реферативные работы. Письменная работа включает в себя 2–3 задания.

Рекомендуемые темы коллоквиумов

Тема коллоквиума №1: Дуальная симметрия уравнений Максвелла

Примерный перечень вопросов:

1. Физические приложения дуальной симметрии.
2. Проблема существования магнитного монополя
3. математические методы описания поляризации электромагнитного поля

Тема коллоквиума №2: Негеометрические симметрии в теории релятивистских волновых уравнений

Примерный перечень вопросов:

1. Поляризационная симметрия уравнений Максвелла
2. Внутренние симметрии безмассового дираковского поля
3. Различные математические формулировки уравнения Дирака-Кэлера

Рекомендуемые темы рефератов:

Спиновые свойства поля Кальба-Рамонда.

Физическое истолкование двухпотенциальной формулировки электродинамики

Квантовая теория поля с индефинитной метрикой

Квантовое рассмотрение системы дираковских полей с некомпактной группой внутренней симметрии

Спиновые свойства поля Дирака-Кэлера

Внутренние симметрии уравнения Дирака.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

Основой методики организации самостоятельной работы студентов по курсу является предоставление студентам необходимой для работы информации, а также обеспечение регулярных консультаций преподавателя и периодичной отчетности по различным видам учебной и самостоятельной деятельности.

В открытом доступе для студентов размещается следующая информация:

- программа курса с указанием основной и дополнительной литературы;
- учебно-методические материалы;
- график консультаций преподавателя;
- сроки проведения контрольных мероприятий по различным видам учебной деятельности:
 - коллоквиумов по изучаемому материалу;
 - реферативных работ
- для дополнительного развития творческих способностей одаренных студентов организуются:
 - студенческие научно-практические конференций, конкурсы;
 - студенческие олимпиады.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать коллоквиумы и реферативные работы. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Коллоквиум проводится в письменной форме, работа включает в себя 2–3 задачи. По согласованию с преподавателем разрешается использовать справочные, научные и учебные печатные издания. Каждая задача в соответствии с ее сложностью оценивается от 3 до 5 баллов (максимальная сумма баллов за все задачи в контрольной (коллоквиуме) равна 10). Количество баллов за каждую решенную задачу выставляется в зависимости от правильности, полноты и оригинальности ее решения. Нерешенная или решенная полностью неправильно задача оценивается в 0 баллов. Оценка за коллоквиум рассчитывается как сумма баллов, полученных за каждую задачу.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Классическая теория поля	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленной варианте (протокол №10 от 23.05.2016)
Квантовая электродинамика	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленной варианте (протокол №10 от 23.05.2016)
Электродинамика сплошных сред	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленной варианте (протокол №10 от 23.05.2016)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**
на 2017/2018 учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание
1	Внутренние симметрии уравнения Дирака(группа Паули, группа Паули-Гюрши для безмассового поля)	Приложения теории безмассовых дираковских частиц в теории графена

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
теоретической физики астрофизики
(протокол № ____ от _____ 2017 г.)

Заведующий кафедрой
теоретической физики и астрофизики
д.ф.-м.н., профессор

_____ И.Д. Феранчук

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.М. Анищик