

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
Белорусского государственного университета



А.Л. Толстик

(подпись)

_____ (дата утверждения)

Регистрационный № УД- 2578 /уч.

КЛАССИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯ

**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 2016 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:

А.В. Минкевич - 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

Спецкурс «Классическая теория поля» является одним из базовых спецкурсов для физиков-теоретиков и включает в себя как общие идеи и методы, связанные с применением вариационных и групповых подходов в теории полей, так и изучение конкретных физических полей, применяемых в теории фундаментальных физических взаимодействий.

Задачи учебной дисциплины «Классическая теория поля»: ознакомление студентов с основами современной классической теории поля, приобретение навыков критического изучения литературы, а также умение самостоятельно ставить и решать задачи в данной области физики.

В данном спецкурсе используются сведения как из общих курсов по теоретической физике (теоретическая механика, электродинамика, квантовая механика), так и прочитанные спецкурсы по теоретической физике (теория групп, тензорный и спинорный анализ). Материал спецкурса «Классическая теория поля» может быть непосредственно использован при построении различных спецкурсов по теории фундаментальных физических взаимодействий и физики элементарных частиц, читаемых на кафедре теоретической физики.

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.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины — 68, из них количество аудиторных часов — 30.

Форма получения высшего образования — очная, дневная,

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и контролируемой/управляемой работы. На проведение лекционных занятий отводится 28 часов, на управляемую самостоятельную работу — 2 часа.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине — экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

- 1. Принцип наименьшего действия в теории классических полей.** Лагранжев и гамильтонов формализм в теории поля. Релятивистская ковариантность полевых уравнений и трансформационные свойства полей. Требования, налагаемые на лагранжиан полей.
- 2. Теорема Нетер и законы сохранения.** Общее доказательство теоремы Нетер. Дифференциальная и интегральная формы законов сохранения. Четырехпараметрическая группа трансляций и канонический тензор энергии импульса. Группа Лоренца и тензор момента количества движения. Спиновый момент импульса и симметризация канонического тензора энергии-импульса. Группы внутренней симметрии и соответствующие им законы сохранения. Группа $U(1)$ и вектор тока.
- 3. Теория свободных полей.** Вещественное скалярное поле. Лагранжиан поля, важнейшие динамические характеристики, импульсное представление. Одночастичная и многочастичная интерпретация общего решения уравнения Клейна-Фока. Комплексное скалярное поле. Вектор электромагнитного тока. Античастицы. Вещественное векторное массивное поле. Лагранжиан, уравнения и динамические характеристики векторного поля в координатном и импульсном представлениях. Импульсное представление и спин векторного поля. Электромагнитное поле. Калибровочная инвариантность. Импульсное представление и спиновые состояния фотонов. Дираковское поле. Уравнение Дирака, свойства матриц Дирака, бис-

пиноры. Лагранжева формулировка теории дираковского поля (лагранжиан, динамические характеристики, спиновые моменты, импульсное представление).

4. **Описание полей на основе релятивистских волновых уравнений первого порядка в матричной форме.** Лагранжиан и динамические характеристики полей. Импульсное представление и описание спиновых состояний частицы. Метод проективных операторов. Минимальные полиномы. Теорема Паули и нормировка функций состояния. Общие решения релятивистских волновых уравнений для свободных полей и их одночастичная интерпретация.

5. **Теория взаимодействующих полей.** Лагранжиан взаимодействия и гамильтониан взаимодействия в теории взаимодействующих полей. Принцип локальной калибровочной инвариантности и фундаментальные физические взаимодействия. Электромагнитное взаимодействие как калибровочное и абелева группа $U(1)$. Неабелевы калибровочные группы и поля Янга-Миллса. Спонтанное нарушение глобальной симметрии. Намбу-голдстоунские бозоны. Механизм Хиггса.

6. **Метод функций Грина в теории взаимодействующих полей.** Функция Грина для скалярного поля (запаздывающая и опережающая). Функция Грина для электромагнитного и дираковского полей. Теория возмущений в теории взаимодействующих полей.

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 занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1.	Принцип наименьшего действия в теории классических полей.	4					[1], [2], [4]		
2.	Теорема Нетер и законы сохранения	4					[1], [2], [3], [4], [7]		
	Текущий контроль успеваемости студентов по разделам № 1 и № 2							Письменное тестирование	
3.	Теория свободных полей	8					[1], [2], [4], [7]		
	Текущий контроль успеваемости студентов по разделу № 3							Защита ре- фератов	
4.	Описание полей на основе релятивистских волновых уравнений первого порядка в матричной форме.	2					[1], [7]		
	Текущий контроль успеваемости студентов по разделу № 4							Коллоквиум	
5.	Теория взаимодействующих полей.	8					[1], [2], [3], [4], [5], [6]		
	Текущий контроль успеваемости студентов по разделу № 5							Защита рефе- ратов	
6.	Метод функций Грина в теории взаимодействующих полей.	2					[1], [3]		
	Текущий контроль успеваемости студентов по разделу №6					2		Контрольная работа	
	Итого	28					2		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Богуш, А.А. Введение в теорию классических полей / А.А. Богуш, Л.Г. Мороз. -- М.: УРСС, 2004. — 388 с.
2. Ландау Л.Д. Теоретическая физика: Учеб. Пособие. т. 2. Теория поля / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М. Физматлит, 2006.
3. Рубаков В.А. Классические калибровочные поля / В.А. Рубаков. – М. УРСС, 1999.
4. Степаньянц К.В. Классическая теория поля К.В. Степаньянц. – М. Физматлит, 2009. – 540 с.

Перечень дополнительной литературы

5. Богуш А.А. Введение в калибровочную полевую теорию электрослабых взаимодействий / А.А. Богуш. -- Мн., Наука и техника, 1987. – 359 с.
6. Боголюбов Н.Н. Квантовые поля / Н.Н. Боголюбов, В.Д. Ширков. -- М., Наука, 1980.
7. Федоров Ф.И. Группа Лоренца / Ф.И. Федоров. -- М., Наука, 1979. – 384 с.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Тестовые задания
2. Контрольные работы
3. Коллоквиум
4. Реферативные работы

Мероприятия для контроля управляемой самостоятельной работой

Для контроля УСР используются коллоквиумы, контрольные работы, тестовые задания, которые проводятся в письменной форме, и реферативные работы.

Темы тестовых заданий

1. Лагранжианы и уравнения движения для простейших физических полей в частнорелятивистской теории поля.
2. Инварианты Нетер для групп симметрии в частнорелятивистской теории поля.
3. Взаимодействие физических полей и гамильтониан взаимодействия.

Темы контрольных работ

1. Уравнение Клейна-Фока и импульсное представление в теории вещественного скалярного поля.
2. Функция Грина в теории взаимодействующих полей.

Темы коллоквиума

1. Теорема Нетер и группы симметрии в теории физических полей. Важнейшие законы сохранения

Темы реферативных работ

1. Вариационный формализм в релятивистской динамике полей, взаимодействующих с точечными источниками и сплошными материальными средами.
2. Поля Янга-Миллса и электрослабое взаимодействие.
3. Калибровочная группа $SU(3)$ и сильное взаимодействие.

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;
- вопросы для проведения экзамена;
- сроки проведения контрольных мероприятий по различным видам учебной деятельности:
 - коллоквиумов по изучаемому материалу;
 - тестовых заданий;
 - контрольных работ
 - реферативных работ
- для дополнительного развития творческих способностей одаренных студентов организуются:
 - студенческие научно-практические конференций, конкурсы;
 - студенческие олимпиады.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать тестовые задания по разделам дисциплины, коллоквиумы, контрольные работы 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.

Коллоквиумы и контрольная работа проводятся в письменной форме, каждая из работ включает в себя 2–3 задачи. На выполнение как контрольных работ, так и коллоквиумов отводится 90 мин. 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 контрольную (коллоквиум) рассчитывается как сумма баллов, полученных за каждую задачу.

Тестирование проводится в письменной форме 2–3 раза в семестр. Каждый из письменных тестов включает в себя 10–20 заданий в открытой форме. На выполнение теста отводится 90 мин. По согласованию с преподавателем разрешается использовать справочные, научные и учебные печатные издания. Запрещено использовать любые электронные источники информации и конспект лекций (в любой форме). Каждое задание оценивается в 1 балл (если ответ верен и точен), 0,5 балла (если в ответе содержатся неточности, но в целом он верен), 0 баллов (если ответ не верен или отсутствует). Оценка теста проводится по сумме баллов, набранных за все задания.

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

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за каждый из письменных видов работ. При оценке текущей успеваемости 4 балла и более студенты допускаются к экзамену. При оценке ниже 4 баллов решением кафедры студенты не допускаются к экзамену, и им назначается срок выполнения контрольных работ и/или коллоквиумов.

Итоговая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена. Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Весовой коэффициент для оценки текущей успеваемости — 0,3; для экзаменационной оценки — 0,7.

**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)
Теория непрерывных групп	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 23.05.2016)
Тензорный и спинорный анализ	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 23.05.2016)