

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Ядерной физики
 Кадменский С.Г.
28.08.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.08.02 Великое объединение и суперсимметрии

1. Код и наименование направления подготовки/:

физич 03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки:

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра ядерной физики

6. Составители программы: к.ф.м.н., доцент Титова Лариса Витальевна

*РП продлена на 2022-2023 учебный год НМС физического факультета 14.06.2022,
протокол №6*

7. Рекомендована: Научно-методическим советом физического факультета,
протокол № 6 от 26.06.2019

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2022/2023

Семестр(ы): 7

- 9. Цели и задачи учебной дисциплины: сформировать у студентов представление о теории Великого объединения, суперсимметрии и теории суперструн
формирование базовых знаний в области теоретической физики и физики элементарных частиц;

- обучение студентов современным методам теоретического описания явлений физики высоких энергий и навыкам решения сопутствующих задач;
- формирование подходов к выполнению студентами исследований в области теоретической физики в рамках выпускных работ на степень бакалавра.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Курс "Великое объединение и суперсимметрии" является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
общефессиональные		
<u>ОПК1-</u>	способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук	Знать: предмет и объекты изучения, современные концепции, достижения и ограничения Уметь: использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания Владеть: методами исследований
<u>ОПК-3</u>	способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Знать: фундаментальные разделы общей и теоретической физики Уметь: использовать теоретические знания для решения профессиональных задач Владеть методами решения задач.
профессиональные		
ПК-4	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	знать: – основы современной теории «Великое объединение и суперсимметрия»; уметь: – решать сопутствующие задачи. владеть: – методами теоретического описания явлений физики высоких энергий.

12. Объем дисциплины в единицах/час.(в соответствии с учебным планом) : 2 /72. Форма промежуточной аттестации Зачет

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)				
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам		
			8	
Аудиторные занятия	24		24		
в том числе:					
лекции					
практические					
лабораторные	24		24		
контроль самостоятельной работы					
Самостоятельная работа	48		48		
Контроль					
Итого:	108		108		
Форма промежуточной аттестации	Зачет		Зачет		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
Лабораторные работы		
01	Стандартная Модель фундаментальных взаимодействий	Основные положения Стандартной Модели. Электромагнитные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Сильные взаимодействия. Симметрии Стандартной Модели. Кварки и лептоны. Калибровочные поля. W -, Z -бозоны и глюоны. Лагранжиан Стандартной Модели
02	Пути решения проблем Стандартной Модели с помощью суперсимметрии	Бегущие константы связи. Великое Объединение. Скалярные поля в Стандартной Модели. Проблема иерархий. Решение проблемы иерархий с помощью суперсимметрии. Проблема темной материи и ее решение в рамках суперсимметричных расширений Стандартной Модели
03	Преобразования суперсимметрии. Алгебра суперсимметрии. $N = 1$ суперсимметрия. Спонтанное нарушение суперсимметрии	Понятие суперсимметрии. Преобразования суперсимметрии. Компонентные поля. Вспомогательные поля. Генераторы суперсимметрии. Алгебра суперсимметрии. 2- и 4-компонентные спиноры. Грассмановы переменные. Суперпространство и суперполя. Супермультиплеты. Киральные и антикиральные суперполя. Векторные суперполя. Разложение по компонентным полям. Модель Весса–Зумино. Построение лагранжианов. Построение инвариантов из киральных, антикиральных и векторных полей. $N = 1$ суперсимметричная теория Янга–Миллса с полями материи. Суперпотенциал. Скалярный потенциал в моделях с суперсимметрией. Спонтанное нарушение суперсимметрии. Механизм О'Райферти и механизм Файе-Илиопулоса
04	Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель (МССМ)	Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель. Суперпартнеры. Взаимодействия частиц Стандартной Модели и суперпартнеров. R -четность. Нарушение суперсимметрии в МССМ. Мягкое нарушение суперсимметрии за счет эффектов гравитации. Массовые матрицы и смешивания. Уравнения ренорм-группы для параметров модели.
05	Бозоны Хиггса в суперсимметричных теориях	Хиггсовские бозоны в суперсимметричных теориях. Ограничения на массу легчайшего хиггсовского бозона. Радиационное нарушение электрослабой симметрии в МССМ. Спектр бозонов Хиггса в МССМ
06	Неминимальные суперсимметричные расширения Стандартной Модели	Модели с расширенным хиггсовским сектором. Модели с нарушенной R -четностью. Модели с различными механизмами нарушения суперсимметрии. Суперсимметричные теории Великого Объединения
07	Поиск суперсимметрии в неускорительных и ускорительных экспериментах	«Суперсимметричная» темная материя. Сравнение предсказаний суперсимметричных теорий с результатами по прямому детектированию темной материи. Поиск суперсимметрии в экспериментах на коллайдерах (Tevatron, LHC). Основные процессы рождения и каналы распадов суперпартнеров. Обсуждение последних результатов по экспериментальному поиску суперсимметрии
08	Понятие о расширенной суперсимметрии	Понятие о расширенной суперсимметрии. $N=2$ суперсимметричная теория Янга–Миллса. $N=2$ гипермультиплет. $N=4$ суперсимметричная теория Янга–Миллса.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					
		Лекции	Практическое	Лабораторные	Контроль самостоятельной работы	Самостоятельная работа	Всего
1	Стандартная Модель фундаментальных взаимодействий			2		6	8
2	Пути решения проблем Стандартной Модели с помощью суперсимметрии			2		6	8
3	Преобразования суперсимметрии. Алгебра суперсимметрии. $N = 1$ суперсимметрия. Спонтанное нарушение суперсимметрии			2		6	8
4	Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель (МССМ)			2		6	8
5	Бозоны Хиггса в суперсимметричных теориях			4		6	10
6	Неминимальные суперсимметричные расширения Стандартной Модели			4		6	10
7	Поиск суперсимметрии в неускорительных и ускорительных экспериментах			4		6	10
8	Понятие о расширенной суперсимметрии			4		6	10
	Итого			24		48	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. выполнение практических заданий, тестов
2. выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

№ п/п	Источник
15	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
16	Электронные ресурсы по физике American Physical Society. – <URL: http://publish.aps.org >
17	Ишханов, Э.И. Кэбин "Физика ядра и частиц. XX век" М., Изд-во Московского университета. 2000. В Web-версии учтены современные ядерные данные. Публикацию подготовил Э.Кэбин. http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/index.html

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
18	Перкинс, Д. Введение в физику высоких энергий / Д. Перкинс ; Пер. с англ. под ред. Ю.А. Будагова .— М. : Мир, 1975 .— 416 с.
19	Намбу Ё. Кварки : На переднем крае физики элементарных частиц / Ё. Намбу ; Пер. с япон. И.И. Иванчика; Под ред. Р.М. Мир-Касимова .— М. : Мир, 1984 .— 222 с.

Методическое обеспечение самостоятельной работы: учебники и учебные пособия, электронные и Интернет-ресурсы.

Методическое обеспечение самостоятельной работы: учебно-методические пособия по организации самостоятельной работы, контрольные задания и тесты в бумажном и электронном вариантах, тестирующие системы, дистанционные формы общения с преподавателем. Контроль самостоятельной работы реализуется с помощью опросов, тестов, вопросов по темам заданий и т.д. Методические указания к лабораторным работам.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Учебная аудитория

Методическое обеспечение аудиторной работы: учебно-методические пособия для студентов, учебники и учебные пособия, электронные и Интернет-ресурсы.

Методическое обеспечение самостоятельной работы:

учебно-методические пособия по организации самостоятельной работы, контрольные задания и тесты в бумажном и электронном вариантах, тестирующие системы, дистанционные формы общения с преподавателем. Контроль самостоятельной работы реализуется с помощью опросов, тестов, вопросов по темам заданий и т.д.

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
	общепрофессиональные	
<u>ОПК1-</u>	способность использовать в профессиональной деятельности	Знать: предмет и объекты изучения, современные концепции, достижения и ограничения

	базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук	Уметь: использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания Владеть: методами исследований
<u>ОПК-3</u>	Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Знать: фундаментальные разделы общей и теоретической физики Уметь: использовать теоретические знания для решения профессиональных задач Владеть методами решения задач.
<u>ПК-4</u>	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	знать: – основы современной физики Великое объединение и суперсимметрии; – получить представление об основных свойствах фундаментальных взаимодействий и способах их теоретического рассмотрения; уметь: – использовать методы, разработанные в области физики фундаментальных взаимодействий в научной и педагогической деятельности. владеть: – методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
<u>ОПК1-</u> способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук	Знать: предмет и объекты изучения, современные концепции, достижения и ограничения Уметь: использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания Владеть: методами исследований	П.1-10	Собеседование, Вопросы ФОС
<u>ОПК3 –</u> Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Знать: фундаментальные разделы общей и теоретической физики Уметь: использовать теоретические знания для решения профессиональных задач Владеть методами решения задач.	П.1-10	
<u>ПК-4</u> способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при	знать: – основы современной теории «Великое объединение и суперсимметрия»; уметь: – решать	П.1-10	

освоении профильных физических дисциплин	сопутствующие задачи. <i>владеть: – методами теоретического описания явлений физики высоких энергий.</i>	
--	---	--

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене/Экзамене используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом дисциплины;;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами,
- 4) умение решать задачи, связанные с теорией систем многих частиц.
- 5) владение Методом вторичного квантования, методами квантовой теории поля

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области информационных технологий.	Повышенный уровень	Зачтено
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем (четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки в ответе.,	–	Не зачтено

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

1. Понятие суперсимметрии.
2. Модели с расширенным хиггсовским сектором.
3. Преобразования суперсимметрии.
4. Массовые матрицы и смешивания
5. Компонентные поля.
6. $N=4$ суперсимметричная теория Янга–Миллса.
7. Вспомогательные поля.
8. $N=2$ суперсимметричная теория Янга–Миллса. $N=2$ гипермультиплет.
9. Генераторы суперсимметрии.
10. Модели с нарушенной R -четностью.
11. Алгебра суперсимметрии.
12. 2. Основные процессы рождения и каналы распадов суперпартнеров.
13. Двух- и четырехкомпонентные спиноры.
14. Понятие о расширенной суперсимметрии.
15. Грассмановы переменные.
16. Сравнение предсказаний суперсимметричных теорий с результатами по прямому детектированию темной материи.
17. Суперпространство и суперполя.
18. Суперсимметричная темная материя
19. Супермультиплеты.
20. Последние результаты по экспериментальному поиску суперсимметрии.

21. Киральные и антикиральные суперполя.
22. Суперсимметричные теории Великого Объединения
23. Разложение по компонентным полям.
24. Уравнения ренормгруппы для параметров модели.
25. Модель Весса–Зумино.
26. Хиггсовские бозоны в суперсимметричных теориях.
27. Векторные суперполя.
28. Ограничения на массу легчайшего хиггсовского бозона (древесное приближение и радиационные поправки) в МССМ.
29. Разложение векторного суперполя по компонентным полям.
30. Радиационное нарушение электрослабой симметрии в МССМ.
31. Калибровка Весса–Зумино.
32. Спектр бозонов Хиггса в МССМ.
33. $N=1$ суперсимметричная теория Янга–Миллса.
34. Механизм Файе–Илиопулоса.
35. Построение инвариантов из киральных, антикиральных и векторных полей.
36. R -четность.
37. $N=1$ суперсимметричная теория Янга–Миллса с полями материи.
38. Теоретические и экспериментальные ограничения на значения параметров МССМ.
39. Суперпотенциал.
40. МССМ — Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель.
41. Скалярный потенциал в моделях с суперсимметрией.
42. Модели с различными механизмами нарушения суперсимметрии.
43. Механизм О'Райферти.
44. Нарушение суперсимметрии в МССМ. Мягкое нарушение суперсимметрии за счет эффектов гравитации. Параметры мягкого нарушения суперсимметрии.
45. Спонтанное нарушение суперсимметрии.
46. Суперпартнеры. Взаимодействия частиц Стандартной Модели и суперпартнеров.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: *устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); выполнение практико-ориентированных заданий, лабораторные работы, тестирование)*

Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний

При оценивании используется качественная шкала оценок

Критерии оценивания приведены выше.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ **Б1.В.ДВ.08.02 Великое объединение и суперсимметрии**

Направление 03.03.02 Физика

Профиль подготовки

Форма обучения: очная

Учебный год 2017/2018

Ответственный исполнитель

Заведующий кафедрой

ядерной физики, д.ф.м.н., профессор _____ С.Г.Кадменский __. __ 20__

Исполнители

к.ф.м.н., доц.

_____ Корнев С.С.. __. __ 20__

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП

по направлению

К.ф.м.н.,

доц. кафедры ядерной физики _____ Д.Е.Любашевский __. __ 20__

Начальник отдела

обслуживания ЗНБ

_____ _____ __. __ 20__

Программа рекомендована НМС физического факультета

протокол № 12 _от 31.12. 2017г.