

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.06.01_Теория систем многих частиц

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: д.ф.м.н., проф. Кадменский Станислав Георгиевич

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

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

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2022/2023

Семестр(ы): 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Ознакомление студентов с основными методами и подходами, используемыми для описания свойств систем многих частиц. Основная задача курса - научить студента пользоваться методом вторичного квантования, а также основными методами квантовой теории поля для описания физических свойств систем Ферми- и Бозе-частиц.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Теория систем многих частиц» относится к профессиональному циклу бакалавриата по направлению 03.03.02 Физика. Она базируется на предшествующих курсах дисциплин: «Высшая математика», «Общая физика», «Информатика». Для освоения дисциплины «Теория систем многих частиц» особенно необходимы знания, умения и компетенции, полученные при изучении таких дисциплин, как «Теоретическая механика», «Атомная физика», «Электродинамика», «Физика атомного ядра и элементарных частиц».

Дисциплина является предшествующей для таких курсов подготовки бакалавров по специализациям «Ядерная физика» по направлению 03.03.02 Физика, как «Ядерные модели», «Экспериментальные методы ядерной спектроскопии», «Альфа-бета-гамма-спектроскопия», «Моделирование ядерно-физических процессов», «Физика фундаментальных взаимодействий».

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	
профессиональные		
ПК-4	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	знать: – общие свойства многочастичных систем; уметь: – использовать методы квантовой теории поля, используемые для описания систем Бозе-частиц и Ферми-частиц; владеть: – представлением о новейшем развитии Теории Ферми-жидкости и ее применений для физики ферромагнетиков, сегнетоэлектриков и металлов.

12. Объем дисциплины в Экзаменных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) :

2 /72. Форма промежуточной аттестации Экзамен

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)				
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам		
			7	
Аудиторные занятия	34		34		
в том числе:					
лекции					
практические					
лабораторные	34		34		
контроль самостоятельной работы					
Самостоятельная работа	38		38		
Контроль	36		36		
Итого:	108		108		
Форма промежуточной аттестации	экзамен		экзамен		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
Лабораторные работы		
1	Метод вторичного квантования для систем тождественных Бозе- и Ферми-частиц	<p>Принцип тождественности частиц в квантовой механике. Оператор перестановки координат частиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции и статистика бозонов и фермионов. Представление чисел заполнения. Аддитивные и бинарные операторы в квантовой механике. Операторы рождения и уничтожения частиц для бозонов и фермионов и их коммутационные соотношения. Операторы чисел заполнения и его свойства. Вакуумная волновая функция. Представление вторичного квантования для аддитивных и бинарных операторов Бозе- и Ферми-частиц.</p>
2	Системы свободных и слабозаимодействующих Бозе- и Ферми-частиц.	<p>Волновые функции и энергии основных и возбужденных состояний системы свободных бозонов. Основное состояние системы свободных бозонов и Бозе-конденсация. Система слабозаимодействующих бозонов. Параметр малости. Волновые функции и энергии основных и возбужденных состояний системы свободных фермионов. Основное состояние системы свободных фермионов, поверхность Ферми и импульс Ферми. Система слабозаимодействующих фермионов. Приближение Хартри-Фока.</p>
3	Теории сверхтекучести жидкого гелия.	<p>Сверхтекучесть жидкого гелия при низких температурах. Эксперименты Капицы. Теория двухкомпонентной Бозе-жидкости Ландау. Спектр квази-частиц и условия сверхтекучести. Метод v-, u- преобразования Боголюбова для сверхтекучей Бозе-системы. Спектр квазичастиц. Условия справедливости приближения Боголюбова. Работы Беляева по сверхтекучести жидкого гелия.</p>
4	Теория сверхпроводимости металлов	<p>Сверхпроводимость, Эффект Мейснера. Теория Лондонов. Феномен Купера и образование куперовских пар. Теория сверхпроводимости металлов Бардина-Купера-Шриффера. Метод u-, v-преобразования Боголюбова. Спектр квазичастиц и условие сверхтекучести куперовских пар в сверхпроводниках. Связь явлений сверхпроводимости и сверхтекучести в природе. Сверхтекучая модель атомного ядра.</p>
5	Методы квантовой теории поля для описания характеристик взаимодействующих Ферми- и Бозе-систем	<p>Представления Шредингера, Гейзенберга и взаимодействие в квантовой механике. S-матрица. Одночастичные функции Грина в представлении вторичного квантования для Ферми- и Бозе-частиц. Лемановское разложение точных одночастичных функций Грина и их аналитические свойства. Полюса и квазичастицы. Физически наблюдаемые величины и функции Грина.</p> <p>Диаграммная техника для расчета точных одночастичных фермионных и бозонных функций Грина. Теорема Вика. Диаграммы Фейнмана в координатном и импульсном представлениях. Правила расчета диаграмм. Уравнение Дайсона для точных одночастичных функций Грина Ферми- и Бозе- частиц. Уравнение для точной двухчастичной функции Грина Ферми-частиц. Эффективные взаимодействия фермионов в канале частица-частица и частица-дырка. Расчеты массового оператора, спектра квазичастиц и распределения частиц по импульсам для системы взаимодействующих Ферми-частиц.</p> <p>Теория Ферми-жидкости Ландау и теории конечных Ферми-систем Мигдала для атомных ядер.</p>

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	Метод вторичного квантования для систем тождественных Бозе- и Ферми-частиц			6	6	6	18
2	Системы свободных и слабовзаимодействующих Бозе- и Ферми-частиц.			6	6	8	20
3	Теории сверхтекучести жидкого гелия.			6	8	8	22
4	Теория сверхпроводимости металлов			8	8	8	24
5	Методы квантовой теории поля для описания характеристик взаимодействующих Ферми- и Бозе-систем			8	8	8	24
				34	36	38	108

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)*:

(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов литературы)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Давыдов, А. С. Квантовая механика : [учебное пособие для студентов ун-тов и техн. вузов] / А.С. Давыдов .— 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011 .— 703 с.
2	Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.] / К.Н. Мухин .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009- .— (Классическая учебная литература по физике / ред. совет: Ж.И. Алферов (пред.) [и др.]) .— Т.2: Физика ядерных реакций .— Изд. 7-е, стер. — 2009 .— 318 с.

а) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Ландау Л. Д. Теоретическая физика : Учеб. пособие для студентов физических специальностей университетов: В 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц ; Под ред. Л.П. Питаевского .— М. : Физматлит, 2002-.Т. 5, ч. 1: Статистическая физика .— 5-е изд., стер. — 2002 .— 616 с
4	Боголюбов Н. Н. Избранные труды по математике / Н.Н. Боголюбов .— М. : Физматлит, 2006 .— 559 с.
5	Абрикосов А. А. Методы квантовой теории поля в статистической физике / А.А.Абрикосов, Л.П. Горьков, И.В. Дзялошинский. — М. : Добросвет: КДУ, 2006.— 512 с.
6	Мигдал А. Б. Теория конечных ферми-систем и свойства атомных ядер / А.Б. Мигдал .— 2-е изд., перераб. и допол. — М. : Наука, 1983 .— 429, с.
7	Пайерлс П.Е. Квантовая теория твердых тел / П.Е. Пайерлс.— М. : Изд.-во иностр. лит., 1956. — 258 с.
8	Киржниц Л.А. Полевые методы теории многих частиц / Л.А. Киржниц.— М.: Госатомиздат, 1986.— 341 с.

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

№ п/п	Источник
1	www.lib.vsu.ru — ЗНБ ВГУ

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

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
1	Ландау Л. Д. Теоретическая физика : В 10 т.: Учеб. пособие для студ. физ. специальностей ун-тов / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц ; Под ред. Л.П. Питаевского .— М. : Физматлит, 2001 -. Т. 3: Квантовая механика. Нерелятивистская теория .— 5-е изд., стер. — 2001 .— 803 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 лаборатория

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.

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)
ПК-4 способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	знать: – общие свойства многочастичных систем; уметь: – использовать методы квантовой теории поля, используемые для описания систем Бозе-частиц и Ферми-частиц; владеть: – представлением о новейшем развитии Теории Ферми-жидкости и ее применений для физики ферромагнетиков, сегнетоэлектриков и металлов.	П.1-5	Вопросы КИМ

* 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

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

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой ядерной физики
_____ Кадменский С.Г.
___. __. 20__

Направление подготовки : 03.03.02 Физика
Дисциплина: Б1.В.ДВ.06.01 Теория систем многих частиц
Вид контроля: Экзамен

Контрольно-измерительный материал № 4

1. Квантовые жидкости.
2. Новейшее развитие теории Ферми-жидкости.

Преподаватель _____

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой ядерной физики
_____ Кадменский С.Г.
___. __. 20__

Направление подготовки : 03.03.02 Физика
Дисциплина: Б1.В.ДВ.06.01 Теория систем многих частиц
Вид контроля: Экзамен

Контрольно-измерительный материал № 5

1. Открытие П.Л. Капицей сверхтекучести жидкого гелия-4. Теория сверхтекучести
2. Массовый оператор, Расчет массового оператора.

Преподаватель _____

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой ядерной физики
_____ Кадменский С.Г.
___. __. 20__

Направление подготовки : 03.03.02 Физика
Дисциплина: Б1.В.ДВ.06.01 Теория систем многих частиц
Вид контроля: Экзамен

Контрольно-измерительный материал № 6

1. Двухкомпонентная Бозе-жидкость. Теория Боголюбова.
2. Уравнение Бете-Солпитера.

Преподаватель _____

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой ядерной физики
_____ Кадменский С.Г.
___. __. 20__

Направление подготовки : 03.03.02 Физика
Дисциплина: Б1.В.ДВ.06.01 Теория систем многих частиц

Вид контроля: Экзамен

Контрольно-измерительный материал № 7

1. Общие свойства многочастичных систем.
2. Применение теории Ферми-жидкости для физики ферромагнетиков, сегнетоэлектриков, металлов.

Преподаватель _____

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой ядерной физики
_____ Кадменский С.Г.
___. __. 20__

Направление подготовки : 03.03.02 Физика
Дисциплина: Б1.В.ДВ.06.01 Теория систем многих частиц
Вид контроля: Экзамен

Контрольно-измерительный материал № 8

1. Теория Ферми- жидкости Ландау для случая жидкого гелия-3.
2. Уравнение Дайсона.

Преподаватель _____

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой ядерной физики
_____ Кадменский С.Г.
___. __. 20__

Направление подготовки : 03.03.02 Физика
Б1.В.ДВ.06.01 Теория систем многих частиц
Вид контроля: Экзамен

Контрольно-измерительный материал № 9

1. Метод вторичного квантования.
2. Диаграммы Фейнмана.

Преподаватель _____

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой ядерной физики
_____ Кадменский С.Г.
_____.____.20__

Направление подготовки : 03.03.02 Физика
Б1.В.ДВ.06.01 Теория систем многих частиц
Вид контроля: Экзамен

Контрольно-измерительный материал № 10

1. Система свободных Бозе-частиц.
2. Теорема Вика.

Преподаватель _____

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой ядерной физики
_____ Кадменский С.Г.
_____.____.20__

Направление подготовки : 03.03.02 Физика
Б1.В.ДВ.06.01 Теория систем многих частиц
Вид контроля: Экзамен

Контрольно-измерительный материал № 11

1. Система сильно взаимодействующих бозе-частиц.
2. Аналитические свойства функции Грина.

Преподаватель _____

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой ядерной физики
_____ Кадменский С.Г.
_____.____.20__

Направление подготовки : 03.03.02 Физика
Б1.В.ДВ.06.01 Теория систем многих частиц
Вид контроля: Экзамен

Контрольно-измерительный материал № 12

ν -, u - преобразование. Квазичастицы. Сверхтекучесть. Условия применимости
Метод u -, ν -преобразования Боголюбова.

Преподаватель _____

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой ядерной физики
_____ Кадменский С.Г.
_____.____.20__

Направление подготовки : 03.03.02 Физика
Б1.В.ДВ.06.01 Теория систем многих частиц
Вид контроля: Экзамен

Контрольно-измерительный материал № 13

1. Метода Боголюбова.
2. Теория Бардина-Купера-Шриффера.

Преподаватель _____

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой ядерной физики
_____ Кадменский С.Г.
_____.____.20__

Направление подготовки : 03.03.02 Физика
Б1.В.ДВ.06.01 Теория систем многих частиц
Вид контроля: Экзамен

Контрольно-измерительный материал № 14

1. Система Ферми-частиц.
2. Сверхпроводимость, теория Лондонов.

Преподаватель _____

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой ядерной физики
_____ Кадменский С.Г.
_____.____.20__

Направление подготовки : 03.03.02 Физика
Б1.В.ДВ.06.01 Теория систем многих частиц
Вид контроля: Экзамен

Контрольно-измерительный материал № 15

1. Приближение Хартри-Фока для системы Ферми-частиц.
2. Сверхпроводимость, Эффект Мейснера.

Преподаватель _____

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 количественная шкала оценок

Критерии оценивания приведены выше.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ **Б1.В.ДВ.06.01_Теория систем многих частиц**

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

д.ф.м.н., профессор _____ С.Г.Кадменский __. __ 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 № 6 от 26.06.2019