

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

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
теоретической физики

 (Фролов М.В.)  
02.07.2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.02.01 – Дополнительные главы квантовой теории

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

03.03.02 – Физика

**2. Профиль подготовки/специализация:** "Ядерная и медицинская физика",

"Физика твердого тела"

**3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** очная (дневная)

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** 0802 - теоретической физики

**6. Составители программы:** Манаков Николай Леонидович

ФИО

д.ф.-м.н.

профессор

ученая степень

ученое звание

manakov@phys.vsu.ru

физический

e-mail

факультет

теоретической физики

Кафедра

**7. Рекомендована:** НМС физического факультета от 27.06.2018 г. протокол № 6

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

отметки о продлении вносятся вручную)

**8. Учебный год:** 2021-2022

**Семестр(-ы):** 8

### 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель курса — теоретическое изучение метода парциальных волн в теории рассеяния; рассмотрение точного решения задачи прохождения частицы через потенциальный барьер; квазиклассического приближения в центральном поле; изучение элементарной теории фотоэффекта, теории молекулы водорода, понятия о химической связи.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина «Дополнительные главы квантовой теории» входит в раздел дисциплин по выбору Б1.В.ДВ вариативной части блока Б1. Студент должен обладать знаниями по дисциплинам модулей «Общая физика», «Атомная и ядерная физика», «Математика», а также по дисциплине «Квантовая теория» из модуля «Теоретическая физика», владеть основными математическими приемами и методами.

**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	
ОПК-3	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	<p>знать: основные положения и методы квантовой механики;</p> <p>уметь: использовать в профессиональной деятельности знания о свойствах квантовых объектов и методах их исследования, применять полученные знания для освоения профильных дисциплин и решения профессиональных задач;</p>
ПК-4	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	<p>владеть (иметь навык(и)): практическими методами исследования квантовых систем и применять их на практике при решении профессиональных задач</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах (в соответствии с учебным планом)** — 3 / 108.

**Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен)** — экзамен.

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		8	
Аудиторные занятия	24	24	
в том числе: лекции	24	24	
практические			
лабораторные			
Самостоятельная работа	48	48	
Контроль	36	36	
Форма промежуточной аттестации	экзамен	экзамен	
Итого:	108	108	

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Прохождение частицы через потенциальный барьер	Точное решение задачи надбарьерного прохождения частицы. Исследование предельных случаев для энергии налетающей частицы.
1.2	Метод парциальных волн в теории рассеяния	Амплитуда и сечение рассеяния. Оптическая теорема. Определение сечения рассеяния медленных частиц в сферической потенциальной яме заданной глубины и радиуса. Рассеяние в кулоновском поле. Точные фазы рассеяния. Точный вывод формулы Резерфорда в квантовой механике.
1.3	Квазиклассическое приближение в центральном поле	Фазы свободного движения в квазиклассическом приближении (приближении ВКБ). Центробежный потенциал в приближении ВКБ. Задача Кеплера в приближении ВКБ. Кулоновские фазы в приближении ВКБ
1.4	Элементарная теория фотоэффекта	Расчет сечения фотоэффекта электрона с К-оболочки для случая, когда энергия фотона велика по сравнению с энергией ионизации атома. Полное сечение фотоэффекта.
1.5	Молекула водорода	Адиабатическое приближение. Понятие о теории химической связи. Обменная энергия. Синглетные и триплетные состояния.
<b>2. Практические занятия</b>		
<b>3. Лабораторные работы</b>		

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Прохождение частицы через потенциальный барьер	4			10	24
2	Метод парциальных волн в теории рассеяния	6			16	22
3	Квазиклассическое приближение в центральном поле	6			10	16
4	Элементарная теория фотоэффекта	2			6	8
5	Молекула водорода	6			6	12
	Итого:	24			48	72

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Необходимо после каждой лекции по ее теме разбирать и осваивать лекционный материал, для его лучшего понимания читать рекомендованную основную и дополнительную литературу, готовиться к лабораторному занятию, разбирая соответствующий теоретический материал, систематически выполнять домашние задания, не пропускать текущие тестирования по пройденному теоретическому и практическому материалу.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Давыдов А.С. Квантовая механика / А.С. Давыдов. – СПб: БХВ–Петербург, 2014. – 703 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Копытин И.В. Квантовая теория: курс лекций для вузов ч.2/ А.С.Корнев, Н.Л.Манаков, М.В.Фролов. – Воронеж: издательско-полиграфический центр ВГУ, 2017. – 88 с. – <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m08-189.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m08-189.pdf</a>
3	Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Т. III: Квантовая механика (нерелятивистская теория) / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Физматлит, 2001. – 803 с.
4	Балашов В.В. Курс квантовой механики : Учебное пособие для студ. физ.фак. Ч. 1 / В.В. Балашов, В.К. Долинов . – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1974 . – 379 с.
5	Балашов В.В. Курс квантовой механики : Учебное пособие для студ. физ.фак. Ч. 2 / В.В. Балашов, В.К. Долинов . – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1978 .— 196 с.
6	Флюгге З. Задачи по квантовой механике : в 2 ч. / З. Флюгге ; пер. с англ. Б.А. Лысова; под ред. А.А. Соколова . – Череповец : Меркурий-Пресс, 2000.

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

№ п/п	Ресурс
7	<a href="http://www.lib.vsu.ru/">http://www.lib.vsu.ru/</a>

\* 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	Копытин И.В. Квантовая теория. Курс лекций для вузов. Часть 1. 3-е издание / И.В. Копытин, А.С. Корнев, Н.Л. Манаков // Воронеж. - Издательско-полиграфический центр ВГУ. - 2009. – 107 с.
2	Копытин И.В. Квантовая теория. Курс лекций для вузов. Часть 2. 3-е издание, исправленное и дополненное / И.В.Копытин, А.С.Корнев, Н.Л.Манаков, М.В.Фролов // Воронеж. - Издательско-полиграфический центр ВГУ. - 2013. – 76 с.
3	Копытин И.В. Квантовая теория. Курс лекций для вузов. Часть 3. 3-е издание / И.В. Копытин, А.С. Корнев, Н.Л. Манаков, М.В. Фролов // Воронеж. - Издательско-полиграфический центр ВГУ. - 2008. – 87 с.
4	Копытин И.В. Задачи по квантовой механике. Часть 1. Учебное пособие для вузов / И.В. Копытин, А.С. Корнев // Воронеж. - Издательский дом ВГУ. - 2008. – 67 с.
5	Копытин И.В. Задачи по квантовой механике. Часть 2. Учебное пособие для вузов. 3-е издание / И.В.Копытин, А.С.Корнев, Т.А.Чуракова // Воронеж. - Издательско-полиграфический центр ВГУ. - 2008. – 82 с.
6	Копытин И.В. Задачи по квантовой механике. Учебное пособие для вузов. Часть 3. 3-е издание / И.В.Копытин, А.С.Корнев, Т.А.Чуракова // Воронеж. - Издательско-полиграфический центр ВГУ. - 2008. – 74 с.

**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)

Лекционная аудитория, доска, учебная литература, дисплейный класс, электронные средства для представления презентаций.

**19. Фонд оценочных средств:****19.1. 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)
ОПК-3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач  ПК-4 способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	Знать: основные положения и методы квантовой механики	Разделы 1.1-1.5	Текущая аттестация №1 (тестовые задания)
	Уметь: использовать в профессиональной деятельности знания о свойствах квантовых объектов и методах их исследования, применять полученные знания для освоения профильных дисциплин и решения профессиональных задач	Разделы 1.1-1.5	Текущая аттестация №2 (тестовые задания)
	Владеть: практическими методами исследования квантовых систем и применять их на практике при решении профессиональных задач	Разделы 1.1-1.5	Практические задания
<b>Промежуточная аттестация</b>			<b>КИМ</b>

\* 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**

Необходимо знать метод парциальных волн в теории рассеяния; точное решения задачи прохождения частицы через потенциальный барьер; специфику квазиклассического приближения в центральном поле; элементарную теорию фотоэффекта, теорию молекулы водорода; иметь понятие о химической связи.

Критерии оценок:

Отлично – подробные и безошибочные ответы на основные и дополнительные вопросы.

Хорошо – подробные ответы на поставленные вопросы с мелкими ошибками.

Удовлетворительно – неудовлетворительные ответы на один из основных и некоторые дополнительные вопросы.

Неудовлетворительно – плохое знание материала, неудовлетворительные ответы на большинство поставленных вопросов.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Подробные и безошибочные ответы на основные и дополнительные вопросы, полное понимание и свободное владение материалом</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Подробные ответы на поставленные вопросы с мелкими ошибками, незначительные пробелы в знании материала</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Неудовлетворительные ответы на один из основных вопросов КИМа и некоторые дополнительные вопросы, неполное знание или понимание материала</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Плохое знание материала, неудовлетворительные ответы на вопросы КИМа и большинство дополнительных вопросов</i>	–	<i>Неудовлетворительно</i>

### **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 (КИМ):**

1. Дифференциальное сечение атомного фотоэффекта. Борновское приближение.
2. Дифференциальное сечение фотоэффекта из основного состояния водородоподобного иона в борновском приближении.
3. Свойства углового распределения фотоэлектронов и роль недипольных эффектов.
4. Адиабатическое приближение Борна–Оппенгеймера в теории молекул. Параметр адиабатичности.
5. Метод Гайтлера–Лондона для молекулы водорода. Кулоновская и обменная энергия. Природа ковалентной химической связи.
6. Амплитуда упругого рассеяния электрона в методе парциальных волн. Фазы рассеяния.
7. Дифференциальное и полное сечение рассеяния в методе парциальных волн. Оптическая теорема.
8. Свойства фаз рассеяния медленных частиц на короткодействующем потенциале.
9. Борновское приближение в методе парциальных волн для короткодействующего потенциала.
10. Точные результаты для рассеяния медленных частиц на сферической прямоугольной яме.
11. Эффект Рамзауэра (на примере рассеяния на сферической потенциальной яме).
12. Резонансное рассеяние и виртуальные уровни энергии (на примере рассеяния на сферической потенциальной яме).
13. Понятие о длине рассеяния.
14. Рассеяние на короткодействующем потенциале общего вида, имеющем мелкий дискретный уровень энергии.
15. Понятие о приближении эффективного радиуса.
16. Квазиклассические фазы для свободного движения, а также для рассеяния короткодействующим и кулоновским потенциалами.
17. Квазиклассический вывод формулы Бора для  $s$ -состояний атома водорода.
18. Квазиклассический вывод формулы Бора для  $p$ -,  $d$ -,  $f$ -, ... -состояний атома водорода.
19. Точные фазы рассеяния для кулоновского потенциала.
20. Точный вывод формулы Резерфорда.

#### **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 форме(ах): **устного опроса (индивидуальный опрос); письменных работ (контрольные); тестирования**. 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 и практическое задание, позволяющее оценить степень умения решать практические задачи. При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.