

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет  
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий



П.А. Машаров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ

Укрупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	03.03.02 Физика
Профиль подготовки	Физика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Квантовая теория» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика (Профиль: Физика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 № 891 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

доцент кафедры теоретической  
физики и нанотехнологий,  
канд. физ.-мат. наук



В.И. Фиохи́н

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой



А. Г. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

Декан физико-технического  
факультета  
28.03.2024 г.



С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.

Протокол от 27.03.2024 г. № 2.

Председатель



В. Н. Котенко

Руководители основной профессиональной  
образовательной программы:

кандидат физико-математических наук



А. В. Безус

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Аналитическая геометрия и линейная алгебра. Теория групп, Общая и экспериментальная физика (Механика), Общая и экспериментальная физика (Молекулярная физика. Термодинамика).

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Физика деформированных сред, Физика твердого тела, Производственная: преддипломная практика.

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.03.02 Физика (Профиль: Физика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ДВ.6.2 Квантовая теория
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор обучающегося
Количество зачетных единиц / всего часов	2 / 72

### 2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы+ контроль	всего	
Очная	4	7	26	13		33	72	экзамен

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование знаний и умений студента в области нерелятивистской и релятивистской квантовых теориях.

## 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-3. Способен проводить и управлять результатами научных исследований и опытно-	ПК-3.16. Осуществляет выбор подходящей физической модели и методов ее исследования.	ПК-3.16.1. Знает фундаментальные принципы и законы современной квантовой теории. ПК-3.16.2. Умеет, выполнять предварительные модельные оценки. применять методы теории

конструкторских работ в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.		размерностей. ПК-3.16.3. Владеет методами приближенных вычислений.
	ПК-3.17. Использует наиболее оптимальный метод решения задач профессиональной деятельности, анализа и проверки получаемых результатов.	ПК-3.17.1. Знает основные методы современной квантовой теории, включая теорию представлений, методы теории возмущений, квазиклассического приближения, самосогласованного поля, вторичного квантования, теории рассеяния ПК-3.17.2. Умеет анализировать предельные случаи и условия применимости получаемых результатов. ПК-3.17.3. Владеет современными математическими методами решения задач теоретического и прикладного характера в области квантовой теории

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Квантовая теория	
Многоэлектронные атомы	Атом гелия, периодическая таблица элементов.
Теория молекул	Адиабатическое приближение. Молекулярные орбитали.
Элементы теории ковалентных связей	Природа ковалентной связи, элементы теории ковалентных связей. Гибридизация орбиталей.

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 7

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС	Всего
Раздел 1. Квантовая теория	26	13		33	72
Многоэлектронные атомы	9	4		11	24
Теория молекул	9	4		11	24
Элементы теории ковалентных связей	8	5		11	24
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	26	13		33	72

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Волновая функция в квазиклассическом случае.
2. Граничные условия в квазиклассическом случае. Правило квантования Бора-Зоммерфельда.
3. Прохождение через потенциальный барьер.
4. Спин. Оператор спина.
5. Спиноры. Оператор конечных вращений.
6. Принцип неразличимости одинаковых частиц. Обменное взаимодействие.
7. Вторичное квантование в случае статистики Бозе.
8. Вторичное квантование. в случае статистики Ферми.
9. Приближенные методы диагонализации гамильтонианов в методе вторичного квантования.
10. Атомные уровни энергии. Состояния электронов в атоме. Водородоподобные уровни энергии.
11. Метод самосогласованного поля.
12. Метод Томаса -Ферми.
13. Периодическая система элементов Менделеева.
14. Атом в электрическом поле.
15. Теория рассеяния. Рассеяние в классической механике. Рассеяние в квантовой механике. Амплитуда рассеяния.
16. Общая теория рассеяния. Амплитуда и  $S$ -матрица. Аналитические свойства  $S$ -матрицы.
17. Рассеяние в Кулоновском поле. Борновское приближение. Фазы рассеяния.
18. Рассеяние медленных и быстрых частиц. Поведение фаз при  $l \rightarrow \infty$ .
19. Рассеяние на прямоугольном потенциале.  $s$ -волна, рассеяние при наличии неглубокого уровня.
20. Эйконоальное приближение.
21. Уравнение Клейна-Гордона.
22. Уравнение Дирака.
23. Предельный переход к нерелятивистской теории.

### 7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Полуэмпирический квантово-химический расчет молекул
- Сравнение точности расчета полуэмпирическими методами
- Расчет удельной энергии связи в циклических соединениях
- Изучение симметрии молекулярных орбиталей двухатомных молекул
- Неэмпирический квантово-химический расчет молекул

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

### 7.3. Образец содержания экзаменационного билета

Донецкий государственный университет Физико-технический факультет Кафедра теоретической физики и нанотехнологий	
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	03.03.02 Физика
Профиль подготовки	Физика
Форма обучения	Очная
Семестр	Седьмой
Дисциплина	Квантовая теория
Экзаменационный билет № 1	
1. Теория рассеяния. Эйкональное приближение. 3. Борновское приближение. Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий, протокол № _ от _____ 202_ г.	
Заведующий кафедрой Экзаменатор	

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

## 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

### 8.1. Семестр 7

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Лабораторная работа	20
	Контрольная работа по теоретическому материалу	10
ИТОГО		60
Экзамен		40
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

## 9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
  - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере;
  - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

Учебные занятия проводятся в 4 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения лабораторных занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий (ауд.256).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

## **11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **11.1. Основная литература**

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

2. Ландау, Лев Д. Краткий курс теоретической физики : [Учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. Кн. 2 : Квантовая механика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М. : Наука, 1972. - 368 с.

3. Ландау, Лев Д. Теоретическая физика : В 10 т. : Учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов. Т. 3 : Квантовая механика : Нерелятивистская теория / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; Под ред. Л. П. Питаевского. - 5-е изд. - М. : Физматлит, 2002. - 803 с.

4. Павленко, Ю. Г. Лекции по теоретической механике : [Учеб. для физ. фак. ун-тов] / Ю. Г. Павленко. - М. : Изд-во МГУ, 1991. - 336 с.

### **11.2. Дополнительная литература**

1. Елютин, П. В. Квантовая механика с задачами : [Учеб. пособие для студентов физ. фак. вузов] / П. В. Елютин, В. Д. Кривченков ; Под ред. акад. Н. Н. Боголюбова. - 2-е изд. - М. : ФИЗМАТЛИТ : УНЦ довуз. образования МГУ, 2001. - 298,[2] с.

2. Давыдов, А. С. Квантовая механика : Учеб. пособие для ун-тов / А. С. Давыдов. - М. : Физматлит, 1963. - 748 с.

3. Липкин, Г. Квантовая механика : Новый подход к некоторым проблемам / Г. Липкин ; Пер. с англ. под ред. В. В. Толмачева. - М. : Мир, 1977. - 592 с.



## 12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

## 13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).