

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

«29» марта 2024 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА)

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 «Теоретическая физика (Квантовая механика)» 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, к.ф-м.н

В. И. Фиошин

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой

А. В. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

Декан физико-технического
факультета
28.03.2024 г.

С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-техниче..
Протокол от 27.03.2024 г. № 2.
Председатель

Котенко

Руководители основной профессиональной
образовательной программы:
кандидат физико-математических наук

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: Теоретическая физика (Физика конденсированного состояния. Физика фазовых переходов. Термодинамика и статистическая физика. Физическая кинетика), 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.Б.М2.11 Теоретическая физика (Квантовая механика)
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	3 / 108

2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы+ контроль	всего	
Очная	3	6	32		32	44	108	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование знаний и умений студента в области нерелятивистской квантовой теории.

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-	ОПК-1.21. Осуществляет выбор подходящей физической модели.	ОПК-1.21.1. Знает фундаментальные принципы и законы современной квантовой теории.

математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;		ОПК-1.21.2. Умеет, выполнять предварительные модельные оценки. применять методы теории размерностей. ОПК-1.21.3. Владеет методами приближенных вычислений.
	ОПК-1.22. Использует наиболее оптимальный метод решения задач профессиональной деятельности, анализа и проверки полученных результатов.	ОПК-1.22.1. Знает основные методы современной квантовой теории, включая теорию представлений, методы теории возмущений, квазиклассического приближения, самосогласованного поля, вторичного квантования, теории рассеяния ОПК-1.22.2. Умеет анализировать предельные случаи и условия применимости получаемых результатов, ОПК-1.22.3. 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. Волновая функция. Уравнение Шредингера	
Принцип неопределенности.	Принцип неопределенности. Волновая функция. Принцип суперпозиции. Операторы. Операторы физических величин. Алгебра операторов.
Собственные функции и собственные значения линейных операторов.	Собственные функции и собственные значения линейных операторов. Дискретный и непрерывный спектр.
Гамильтониан	Гамильтониан. Дифференцирование операторов по времени. Стационарные состояния. Гейзенберговское представление операторов.
Импульс.	Импульс. Импульсное представление. Соотношение неопределенности Гейзенберга.
Уравнение Шредингера.	Уравнение Шредингера. Предельный переход к классической механике. Плотность потока. Вариационный принцип.
Общие свойства одномерного движения	Общие свойства одномерного движения. Потенциальная яма. Линейный осциллятор. Коэффициент прохождения.
Момент импульса.	Момент импульса. Собственные значения и собственные функции оператора момента.

	Сложение моментов.
Движение в центрально-симметричном поле	Движение в центрально-симметричном поле. Движение в кулоновом поле(сферические координаты).
Раздел 2. Квантовые статистики Ферми и Бозе	
Теория возмущений	Теория возмущений не зависящих от времени. Теория возмущений при наличии вырождения.
Теория возмущений зависящих от времени	Теория возмущений зависящих от времени. Переходы под действием возмущения действующего в течение конечного времени.
Волновая функция	Волновая функция в квазиклассическом случае. Граничные условия в квазиклассическом случае.
Правило квантования	Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Прохождение через потенциальный барьер.
Спин.	Спин. Оператор спина. Спиноры. Оператор конечных вращений.
Принцип неразличимости одинаковых частиц	Принцип неразличимости одинаковых частиц. Обменное взаимодействие. Вторичное квантование в случае статистики Бозе.
Вторичное квантование. в случае статистики Ферми	Вторичное квантование. в случае статистики Ферми.
Атомные уровни энергии	Атомные уровни энергии. Состояния электронов в атоме. Водородоподобные уровни энергии.
Метод Томаса -Ферми	Метод самосогласованного поля. Метод Томаса -Ферми. Периодическая система элементов Менделеева.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр –6

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС	Всего
Раздел 1. Волновая функция. Уравнение Шредингера	16		16	22	54
Принцип неопределенности.	2		2	3	7
Собственные функции и собственные значения линейных операторов.	2		2	3	7
Гамильтониан	2		2	3	7
Импульс	2		2	3	7
Уравнение Шредингера.	2		2	3	7
Общие свойства одномерного движения	2		2	3	7
Момент импульса	2		2	3	7
Движение в центрально-симметричном поле	2		2	1	5
Раздел 2. Квантовые статистики Ферми и	16		16	22	54

Бозе					
Теория возмущений	2		2	3	7
Теория возмущений зависящих от времени	2		2	3	7
Волновая функция	2		2	3	7
Правило квантования	2		2	3	7
Спин.	2		2	3	7
Принцип неразличимости одинаковых частиц	2		2	3	7
Вторичное квантование. в случае статистики Ферми	2		2	2	6
Атомные уровни энергии	1		1	1	3
Метод Томаса -Ферми	1		1	1	3
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	32		32	44	108

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

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Волновая функция. Принцип суперпозиции.
2. Операторы. Алгебра операторов.
3. Операторы физических величин.
4. Собственные функции и собственные значения линейных операторов.
5. Дискретный и непрерывный спектр.
6. Гамильтониан.
7. Дифференцирование операторов по времени.
8. Стационарные состояния.
9. Гейзенберговское представление операторов.
10. Импульс.

Раздел 2

1. Соотношение неопределенности Гейзенберга.
2. Уравнение Шредингера.
3. Предельный переход к классической механике.
4. Плотность потока.
5. Вариационный принцип.
6. Общие свойства одномерного движения.
7. Потенциальная яма.
8. Линейный осциллятор.
9. Коэффициент прохождения.
10. Момент импульса.
11. Собственные значения и собственные функции оператора момента.
12. Сложение моментов.
13. Движение в центрально-симметричном пол.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Алгебра операторов.
- Собственные функции и собственные значения линейных операторов
- Гамильтониан. Дифференцирование операторов по времени.
- Общие свойства одномерного движения. Потенциальная яма.
- Линейный осциллятор. Коэффициент прохождения.

- Момент импульса. Собственные значения и собственные функции оператора момента. Сложение моментов.
- Движение в центрально-симметричном поле. Движение в кулоновом поле(сферические координаты).
- Теория возмущений не зависящих от времени.
- Теория возмущений при наличии вырождения.
- Теория возмущений зависящих от времени.
- Переходы под действием возмущения действующего в течение конечного времени.
- Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Прохождение через потенциальный барьер.

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 Направление подготовки Профиль подготовки Форма обучения Семестр Дисциплина	Программа бакалавриата 03.03.02 Физика Физика Очная Шестой Теоретическая физика (Квантовая механика)
Экзаменационный билет № 1	
1. Стационарные состояния. 2. Плотность потока. 3. Теория возмущений при наличии вырождения	
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 6

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Практическая 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 практических 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. Лившиц ; 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).