

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

УТВЕРЖДАЮ
проректор

_____ П. А. Машаров
«17» апреля 2025 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

Укрупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	03.03.02 Физика
Направленность (профиль) образовательной программы	Техническая физика беспилотных систем
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины **«Квантовая механика»** для обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика (Профиль: Техническая Физика беспилотных систем), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 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 2025 года.

Разработчик:

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

В. И. Фиошин

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 10.04.2025 г. № 18.

Заведующий кафедрой

А. Г. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета
16.04.2025 г.

С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.

Протокол от 16.04.2025 г. № 4

Председатель

В. Н. Котенко

Руководитель основной образовательной
программы, канд. физ.-мат. наук, доцент.
10.04.2025 г.

П. В. Асланов

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, Линейная алгебра, Механика, Молекулярная физика, Теоретическая механика.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Термодинамика и статистическая физика, Автоматизированные системы управления технологическими процессами, Производственная практика: научно-исследовательская работа.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	03.03.02 Физика (Профиль: Техническая физика беспилотных систем)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М5.17 Квантовая механика
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	3 / 108

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	3	6	30	-	15	63	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-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ОПК-1.33. Осуществляет выбор подходящей физической модели.	ОПК-1.33.1. Знает фундаментальные принципы и законы современной квантовой теории. ОПК-1.33.2. Умеет, выполнять предварительные модельные оценки. применять методы теории размерностей. ОПК-1.33.3. Владеет методами приближенных вычислений.
	ОПК-1.34. Использует наиболее оптимальный метод решения задач профессиональной деятельности, анализа и проверки полученных результатов.	ОПК-1.34.1. Знает основные методы современной квантовой теории, включая теорию представлений, методы теории возмущений, квазиклассического приближения, самосогласованного поля, вторичного квантования, теории рассеяния ОПК-1.34.2. Умеет анализировать предельные случаи и условия применимости получаемых результатов, ОПК-1.34.3. 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. Гейзен-берговское 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+К	Всего
Раздел 1. Волновая функция. Уравнение Шредингера	15		8	32	55
Принцип неопределенности.	2		1	4	7
Собственные функции и собственные значения линейных операторов.	2		1	4	7
Гамильтониан	2		1	4	7
Импульс	2		1	4	7
Уравнение Шредингера.	2		1	4	7

Общие свойства одномерного движения	2		1	4	7
Момент импульса	2		1	4	7
Движение в центрально-симметричном поле	1		1	4	6
Раздел 2. Квантовые статистики Ферми и Бозе	15		7	31	53
Теория возмущений	2		1	4	7
Теория возмущений зависящих от времени	2		1	4	7
Волновая функция	2		1	4	7
Правило квантования	2		1	4	7
Спин.	2		1	4	7
Принцип неразличимости одинаковых частиц	2		0,5	4	6,5
Вторичное квантование. в случае статистики Ферми	1		0,5	4	5,5
Атомные уровни энергии	1		0,5	2	3,5
Метод Томаса -Ферми	1		0,5	1	2,5
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	30		15	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. Гейзен-берговское 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	Программа бакалавриата
Направление подготовки	03.03.02 Физика
Профиль подготовки	Техническая физика беспилотных систем
Форма обучения	Очная
Семестр	Шестой
Дисциплина	Квантовая механика

Экзаменационный билет № 1

1. Стационарные состояния.
2. Плотность потока.

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.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию. Максимальное количество баллов на промежуточной аттестации – 100. Общее количество баллов за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на промежуточной аттестации и выставляется согласно принятому порядку.

8.1. Семестр 4

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Промежуточная аттестация (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. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения 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 могут применяться 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.

10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

10.1. 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.

10.2. 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.

11. 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: 31.03.2025). – 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: 31.03.2025). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания Сетевой электронной библиотеки, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. ЭБС Юрайт: электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://urait.ru/library/svobodnyy-dostup/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания свободного доступа, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. Электронно-библиотечная система ДонГУ: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – 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: 31.03.2025). – 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: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный.

12. 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).