

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	28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы
Направленность (профиль) образовательной программы	Наноматериалы
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 28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 968 (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. Фиохин

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, д-р физ.-мат. наук, проф.  
10.04.2025 г.

А. Г. Петренко

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

базовая подготовка по математике в объеме программы средней школы;

дисциплины программы бакалавриата: Механика и молекулярная физика, Математический анализ, Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Дифференциальные уравнения.

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

Статистическая физика и термодинамика, Производственная практика: практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности.

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.21 Квантовая механика
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	6,5 / 234

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	32	-	32	62	126	зачет
Очная	4	7	26	-	26	56	108	экзамен
Очная, всего			58	-	58	118	234	

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование знаний и умений студента в области решения задач по расчету квантово-механических систем.

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.23. Осуществляет выбор подходящей физической модели	ОПК-1.23.1. Знает фундаментальные принципы и законы современной квантовой теории. ОПК-1.23.2. Умеет, выполнять предварительные модельные оценки. применять методы теории размерностей. ОПК-1.23.3. Владеет методами приближенных вычислений.
	ОПК-1.24. Использует наиболее оптимальный метод решения задач профессиональной деятельности, анализа и проверки получаемых результатов.	ОПК-1.24.1. Знает основные методы современной квантовой теории, включая теорию представлений, методы теории возмущений, квазиклассического приближения, самосогласованного поля, вторичного квантования, теории рассеяния ОПК-1.24.2. Умеет анализировать предельные случаи и условия применимости получаемых результатов, ОПК-1.24.3. 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. Уравнение Шредингера	
Основные понятия квантовой теории.	Принцип неопределенности. Волновая функция. Принцип суперпозиции. Операторы. Составление и умножения операторов. Операторы физических величин. Дискретный и непрерывный спектры. Собственные функции и собственные значения линейных операторов.
Энергия и импульс.	Оператор Гамильтона. Дифференцировки операторов по времени. Стационарные состояния. Гейзенберговские наводнения операторов. Матрицы. Преобразование матриц. Импульс. Импульсное наведение. Соотношение неопределенности Гейзенберга.
Уравнение Шредингера.	Уравнения Шредингера. Предельный переход к классической механике. Основные свойства уравнения Шредингера. Плотность потока. Вариационный принцип. Общие свойства одномерного движения. Потенциальный ящик. Линейный осциллятор. Коэффициент прохождения.

Момент импульса.	Момент импульса. Собственные значения оператора момента. Собственные функции оператора момента. Матричные элементы операторов момента. Составление моментов. Коэффициенты Клебш-Гордана.
Движение в центрально-симметричном поле.	Движение в центрально-симметричном поле. Движение в колонное поле (сферические координаты). Атом водорода. Гибридизация волновых функций и химическая связь в молекулах.
Раздел 2. Квантовые статистики	
Теория возмущений.	Стационарная теория возмущений. Случай наличия вырождения. Секулярное уравнение. Возмущения, зависящие от времени. Переходы под действием возбуждения, действует в течении конечного времени. Переходы под действием периодического возбуждения. Соотношение неопределенности для энергии.
Квазиклассический случай.	Волновая функция в квазиклассическом случае. Граничные условия в квазиклассическом случае. Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Прохождение сквозь потенциальный барьер.
Спин.	Спин. Оператор спина. СПИНОР. Спиноры высших рангов. Волновая функция частиц с произвольным спином. Связь спина с векторами.
Системы тождественных частиц.	Три вида квантовых частиц. Обменное взаимодействие. Симметрия по отношению к перестановкам. Комбинаторика квантовых многочастичных систем. Статистика Максвелла-Больцмана, Ферми-Дирака, Бозе-Эйнштейна. Смеси частиц разных типов. Атом гелия. Вторично квантования в случаях статистики Бозе. Вторично квантования в случае статистики Ферми.
Атом	Атомные уровни энергии. Состояния электронов в атоме. Уровни энергии в водородоподобных атомах. Самосогласованное поле. Уравнения Томаса-Ферми. Тонкая структура атомных уровней. Периодическая система элементов Менделеева. Эффект Штарка.

## 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. Уравнение Шредингера	32		32	62	126

Основные понятия квантовой теории.	6		6	12	24
Энергия и импульс.	6		6	12	24
Уравнение Шредингера.	6		6	12	24
Момент импульса.	7		7	13	27
Движение в центрально-симметричному поле.	7		7	13	27
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	32		32	62	126

## 6.2. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 7

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 2. Квантовые статистики	26		26	56	108
Теория возмущений.	5		5	11	21
Квазиклассический случай.	5		5	11	21
Спин.	5		5	11	21
Системы тождественных частиц.	5		5	11	21
Атом	6		6	12	24
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	26		26	56	108
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	58		58	118	234

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

### 7.1. Контрольные вопросы

#### Раздел 1

1. Уравнения Шредингера. Стационарные состояния.
2. Плотность потока. Уравнение непрерывности.
3. Общие особенности одномерного движения.
4. Рассчитать уровни энергии квантовомеханической частицы в прямоугольной потенциальной яме.
5. Вычислить уровни энергии линейного осциллятора.
6. Вычислить волновую функцию квантовомеханической частицы в центрально-симметричном поле.
7. Вычислить волновую функцию и уровни энергии квантовомеханической частицы в кулоновском поле (дискретный спектр).

#### Раздел 2

11. Волновая функция. Принципы неопределенности и суперпозиции в квантовой теории.
12. Операторы физических величин в квантовой теории. Алгебра операторов.
13. Матрицы операторов. Преобразование матриц.
14. Показать, что  $(AB)^+ = B^+ A^+$ . Доказать, что след квадратной матрицы является инвариантным относительно любого унитарного преобразования.
15. Оператор импульса. Собственные функции и собственные значения оператора импульса.
16. Соотношение неопределенности.
17. Гамильтониан. Волновое уравнение. Дифференцировки операторов по времени.
18. Оператор момента. Собственные значения и собственные функции оператора момента. Составление моментов.

19. Вычислить матрицу операторов  $\hat{L}_z$ ,  $\hat{L}_+$ ,  $\hat{L}_-$ ,  $\hat{L}_x$ ,  $\hat{L}_y$  и  $\hat{L}^2$  на собственных функциях момента при  $l = 2$ .

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Основные понятия квантовой теории
- Энергия и импульс.
- Уравнение Шредингера.
- Момент импульса.
- Теория возмущений.
- Квазиклассическое приближение.
- Спин.
- Системы тождественных частиц.

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	28.03.03 Наноматериалы
Профиль подготовки	Наноматериалы
Форма обучения	Очная
Семестр	Седьмой
Дисциплина	Квантовая механика

Экзаменационный билет № 1

1. Уравнение непрерывности.
2. Собственные функции и собственные значения оператора импульса.
3. Матрицы операторов.

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 6

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 (зачет)		40
Общий итог за семестр		100

#### 8.2. Семестр 7

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).