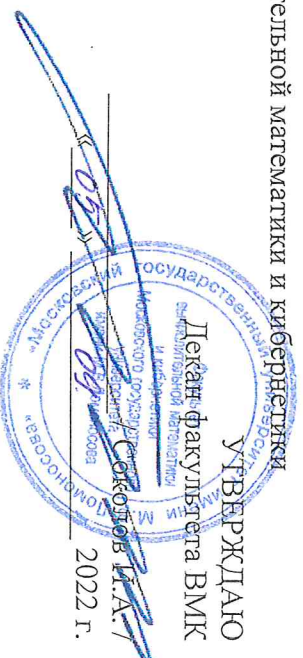


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет Вычислительной математики и кибернетики



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины:

Квантовый мир

*код и наименование дисциплины (модуля)*

Уровень высшего образования:

*бакалавриат, магистратура, специалитет*

*указывается: бакалавриат, магистратура или специалитет*

Направление подготовки (специальность):

*(код и название направления/специальности)*

Направленность (профиль) ОПОП:

*(если дисциплина (модуль) относится к вариативной части программы)*

Форма обучения:

**Очная с использованием дистанционных образовательных технологий**

*очная, очно-заочная, заочная*

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
на заседании Ученого совета факультета  
(протокол № 5, 30.06.2022)

Москва 2022

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП реализуется в рамках МФК.
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: желательно знание математики в объеме 1 курса университета и школьного курса физики.
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
<b>Новая УК ОС МГУ</b> Способен распознавать необходимость использования квантовой теории к описанию заданного процесса, способен оценить сложность квантового описания и применимость к данной задаче стандартных методов	УК-Н (Ин.1ук) Знает основные понятия и методы квантовой механики, формы представления состояний и виды эволюции квантовых систем, основы компьютерного моделирования простых процессов на квантовом уровне	<b>Знать:</b> Основные понятия квантовой теории, представление квантовых состояний, измерения, унитарные эволюции, их аналитическое и программное нахождение <b>Уметь</b> Применять средства и технологии программирования для решения задач квантовой механики простых систем Проводить поиск и применять найденные программные пакеты для решения задач квантовой механики, использовать математические методы для решения квантовых задач <b>Владеть:</b> методами и технологиями использования средств вычислительной техники для решения задач по квантовой теории
	УК-Н (Ин.2ук) Умеет применять стандартные схемы для компьютерного построения квантовой эволюции простых систем, находить в интернете нужные прикладные пакеты для таких решений	
	УК-Н (Ин.3ук) Владеет методами и технологиями применения квантовой теории к описанию простых процессов, методикой применения стандартных программных решений в квантовой области	

4. Объем дисциплины (модуля) 1 з.е., в том числе 24 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 12 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.
5. Формат обучения асинхронное обучение с использованием *дистанционных образовательных технологий*

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе						
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>					Самостоятельная работа обучающегося  <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Работа в среде электронного обучения	Всего
Тема 1. Основные понятия квантовой механики	6	4				4	2	2
Тема 2. Уравнение Шредингера и решение задачи Коши для него	6	4				4	2	2
Тема 3. Границы применения квантового формализма	6	4				4	2	2
Тема 4. Измерения и наблюдения. Коллапс волновой функции	9	6				6	3	3
Тема 5. Квантовая механика композитных систем	9	6				6	3	3
Промежуточная аттестация	<i>Тестирование</i>						Зачет	
<b>Итого</b>	36	24				24	12	12

\* Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций



*\*\* Практическая подготовка (при наличии) осуществляется на базе ... (указать – структурное подразделение МГУ или организацию (предприятие), практическая подготовка на базе которого осуществляется на основании Договора)*

*\*\*\* Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося.*

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ	ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)			
		<i>Шкалы и критерии оценивания могут быть сформулированы как общие для всех дисциплин (модулей) и размещены в документе «Оценочные и методические материалы для контроля формирования компетенций у обучающихся в процессе освоения образовательной программы», входящем в состав ОПОП</i>			
		2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
<b>Знать:</b>					
Основные понятия квантовой теории	Тестирование	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Этапы решения задач квантовой механики и применением средств вычислительной техники для их решения	Тестирование	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Форма и виды представления квантовых состояний	Тестирование	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Этапы решения задачи моделирования квантовой эволюции	Тестирование	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Стандартные алгоритмы решения задачи Коши для уравнения	Тестирование	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные	Сформированные систематические

Шредингера				знания	знания
Основные понятия квантовой теории композитных систем	Тестирование	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Уметь					
Применять средства и технологии программирования для решения задач квантовой механики простых систем	Тестирование	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Проводить поиск прикладных пакетов для решения задач квантовой теории простых систем	Тестирование	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Использовать аналитические методы для решения задач квантовой теории одной и двух частиц	Тестирование	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Владеть					
методами и технологиями использования средств вычислительной техники для решения задач квантовой механики простых систем	Тестирование	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания

Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

*Примерные тестовые задания*

Вопрос 1.

Найти решение задачи Коши для уравнения Шредингера для двух-ямого потенциала

Вопрос 2.

Определить, является ли заданное состояние двух кубитов запутанным или нет.

Вопрос 3

Чему равен индекс запутанности двух кубитов для состояния вида ЭПР пары:

1. максимальному ненулевому значению. (+)
2. нулю.
3. отрицательному числу

Вопрос 4

Для состояния вида ЭПР пары  $(|00\rangle + |11\rangle)/\sqrt{2}$  найти относительную матрицу плотности первого кубита.

Вопрос 5

Решить задачу Коши для уравнения Шредингера с гамильтонианом  $\sigma_x$  и начальным условием  $F(0) = |0\rangle$ .

Вопрос 6

Вероятность получения базисного состояния при измерении данного состояния квантовой системы:

-чистого

-смещанного

Вопрос 7

Уравнение Шредингера в терминах матрицы плотности

Вопрос 8

Оптические явления, объясняемые с помощью принципа интерференции

Вопрос 9

Задачи, решение которых можно ускорить на квантовом компьютере

Вопрос 10

Соотношение неопределенностей «импульс — координата» для точечной частицы

Вопросы к зачету:

1. Правило Борна
2. Что такое тензорное произведение пространств состояний?
3. Что такое относительная матрица плотности композитной системы
4. Как вычислить степень запутанности двухчастичной системы
5. Перечислите быстрые квантовые алгоритмы
6. Что такое квантовый компьютер
7. Как работает квантовый оракул
8. Как определяется сложность вычисления на квантовом компьютере
9. Перечислите основные технологии квантового компьютера
10. Назовите два различных запутывающих квантовых гейта

11. Дайте определение вычисления с оракулом на квантовом компьютере
12. Приведите пример физической реализации запутывающего квантового гейта
13. Что такое задача перебора?
14. Что такое чистые и смешанные квантовые состояния
15. Что такое структурный поиск
16. Опишите адиабатические квантовые вычисления

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы
  - Основная литература
    1. Р.Фейнман, КЭД: странная теория света и вещества, М.Наука, 2003, 120 стр.
    2. Ю.И.Ожигов, Квантовый компьютер, М.Макс пресс, 2020, 214 стр.
  - Дополнительная литература
    1. Брауер, Петруччионе, Теория открытых квантовых систем, М.Наука, 2005, 450 стр.
    2. Р.Фейнман, Д.Хиббс, Квантовая механика в интегралах по траекториям, М.Мир, 2010, 340 стр.
- Перечень лицензионного программного обеспечения
  - Язык программирования Python
  - Пакет Mathematica – 9, 10, Wolfram C.
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем  
<http://arxiv.org>, раздел quant-ph
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
- Описание материально-технической базы.

#### 9. Язык преподавания.

Русский

#### 10. Преподаватель (преподаватели):

проф., д.ф.-м.н. Ю.И.Ожигов, факультет ВМК МГУ

#### 11. Разработчики программы.

- Проф., д.ф.-м.н. Ю.И.Ожигов, факультет ВМК МГУ