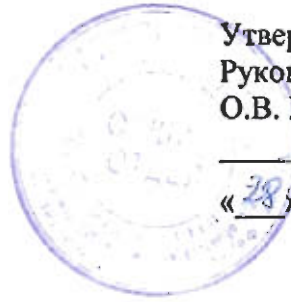


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 06.11.2024 09:46:28  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации ФГБОУ  
ВО «Тверской государственный университет»



Утверждаю:  
Руководитель ООП  
О.В. Малышкина

«28» августа 2024

**Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)**

**Основы квантовой физики и информатики**

Специальность

**10.05.01 Компьютерная безопасность**

Специализация

**Математические методы защиты информации**

Для студентов 5курса очной формы обучения

Составитель:  д. ф.-м.н., доцент Цирулёв А.Н.

Тверь 2024

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью учебной дисциплины «Основы квантовой физики и информатики» является формирование у обучающихся концептуального понимания законов квантовой механики, освоение основных алгоритмов квантовых вычислений и квантовых протоколов передачи данных.

Задачи дисциплины:

1. изучение физических основ и постулатов квантовой механики;
2. углубленное изучение математически квантовой механики (гильбертово пространство, кубиты, тензорное произведение и т.д.);
3. изучение квантовых алгоритмов, цепей и протоколов шифрования;
4. развитие навыков решения типовых прикладных задач.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Основы квантовой физики и информатики» входит в вариативную часть ООП.

**3. Объём дисциплины:** 2 зачетные единицы, 72 академических часов.

контактная аудиторная работа: лекции – 34 часов;  
практические занятия – 34 часов;  
самостоятельная работа: 4 часа.

**5. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

<b>Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине</b>
<b>УК-1.</b> Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1. _Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.4. _Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов
	УК-1.5. Строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения

<b>ПК-1.</b> Способен участвовать в теоретических и экспериментальных научно-исследовательских работах по оценке защищенности информации в компьютерных системах, составлять научные отчеты, обзоры по результатам выполнения исследований	<b>ПК-1.1.</b> Разрабатывает методики выполнения аналитических работ
	<b>ПК-1.2.</b> Проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в сфере разработки средств и систем защиты информации

**6. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения в 10 семестре – зачет.**

**7. Язык преподавания русский.**

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции	Практические занятия		
			всего	в т.ч. практическая подготовка	
Постулаты квантовой механики	17	8	8		1
Малоразмерные квантовые системы	21	10	10		1
Основные алгоритмы квантовых вычислений	17	8	8		1
Элементы квантовой информатики	17	8	8		1
<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>34</b>	<b>34</b>		<b>4</b>

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
1. Постулаты квантовой механики	лекция практическое	Дискуссионные технологии, дистанционные образовательные технологии, проблемная лекция.

2. Малоразмерные квантовые системы		Дискуссионные технологии, дистанционные образовательные технологии, проблемная лекция, кейс-технология, технология развития креативного мышления
3. Основные алгоритмы квантовых вычислений		Дискуссионные технологии, дистанционные образовательные технологии,
4. Элементы квантовой информатики.	лекция  практическое	проблемная лекция, кейс-технология, технология развития креативного мышления

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

##### **Вопросы к зачету**

1. Гильбертово пространство.
2. Кубит.
3. Сфера Блоха.
4. Составные квантовые системы.
5. Тензорное произведение гильбертовых пространств.
6. Измерения, постулат Борна.
7. Унитарные операторы
8. ры и унитарная эволюция.
9. Операторы Паули.
10. Гамильтониан и уравнение Шредингера.
11. Соотношение неопределенностей.
12. Операторы координаты и импульса.
13. Одномерное движение частицы.
14. Гармонический осциллятор, операторы рождения и уничтожения.
15. Спин частицы.
16. Спин системы двух электронов, атом гелия.
17. Тождественность частиц, бозоны и фермионы.
18. Системы кубитов, моделирующие реальные системы.
19. Преобразования Йордана-Вигнера.
20. Состояния Белла, запутанность.
21. Чистые и смешанные состояния, оператор плотности.

22. Постулат Дирака-фон Неймана.
23. Физические реализации кубита.
24. Некоторые эксперименты и «парадоксы» квантовой механики.
25. Квантовые логические элементы.
26. Оператор Адамара, фазовые операторы, контролируемые операторы, операторы CNOT, CX и оператор Тоффоли.
27. Квантовые цепи.
28. Алгоритм Дойча.
29. Оракул.
30. Алгоритм Гровера.
31. Квантовое преобразование Фурье.
32. Алгоритм Шора и RSA протокол.
33. Вариационные квантовые алгоритмы.
34. Квантовая вычислительная сложность и квантовое вычислительное преимущество.
35. Поляризация фотона и элементы квантовых оптических схем.
36. Запутанность состояний кубитов и квантовая телепортация.
37. Эксперименты по проверке квантовой нелокальности.
38. Протоколы передачи данных BB84 и E91.
39. Теорема о запрете клонирования. Энтропия фон Неймана.
40. Квантовое кодирование.
41. Квантовая коррекция ошибок.

**Вид и способ** проведения промежуточной аттестации: индивидуальный устный опрос сочетается с самостоятельной практической работой студента.

**Критерии** оценивания и шкала оценивания:

Максимально возможное количество баллов за ответ на один вопрос – 20 баллов. Для получения зачета необходимо ответить на теоретических вопроса.

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **1) Рекомендуемая литература**

#### **а) Основная литература:**

- 1) Фаддеев Л.Д., Якубовский О.А. Лекции по квантовой механике для студентов-математиков. Изд. Ленинградского университета, 1980.

<https://djvu.online/file/QM>

- 2) Холево А.С. \_Математические основы квантовой информатики. Лекционные курсы НОЦ, 2018, Вып. 30, стр. 3–117 <https://doi.org/10.4213/lkn30>
- 3) Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. М.: Мир, 2006

б) Дополнительная литература:

- 4) Холево А.С. Введение в квантовую теорию информации. М.: МЦНМО, 2002, 128 стр. <https://djvu.online/file/Holevo>
- 5) Дж. Прескилл, «Квантовые вычисления и квантовые коммуникации», Т. 1,2. М.:Бином, 2009, <https://m.booksee.org/book/1503660>

## 2) Программное обеспечение

Google Chrome	бесплатно
Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022
Lazarus	бесплатно
OpenOffice	бесплатно
Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО	бесплатно
ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО	бесплатно

## 3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБС Лань <https://e.lanbook.com/> Договор № 4-е/23 от 02.08.2023 г.
2. ЭБС Znanium.com <https://znanium.com/> Договор № 1106 эбс от 02.08.2023 г.
3. ЭБС Университетская библиотека online <https://biblioclub.ru> Договор № 02-06/2023 от 02.08.2023 г.
4. ЭБС ЮРАЙТ <https://urait.ru/> Договор № 5-е/23 от 02.08.2023 г.
5. ЭБС IPR SMART <https://www.iprbookshop.ru/> Договор № 3-е/23К от 02.08.2023 г.

## 4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

<http://library.tversu.ru/>  
<https://arxiv.org/>  
[http://www.mathnet.ru/ /](http://www.mathnet.ru/)  
<http://www.mi-ras.ru/>

## VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

## *Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов*

Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой частью изучения дисциплины. Кроме того, в темах, изучаемых при контактной работе со студентами, есть отдельные учебные вопросы, которые студенты должны изучить самостоятельно. Контроль знаний при самостоятельном изучении тем и вопросов дисциплины осуществляется при проведении текущего контроля в виде устных опросов, письменных контрольных работ и тестирования во время рейтинг-контроля.

При работе над текстом лекции студенту необходимо обратить особое внимание на проблемные вопросы, поставленные преподавателем при чтении лекции, а также на его задания и рекомендации. Работая над текстом лекции, необходимо иметь под рукой справочные издания: словарь-справочник, энциклопедический словарь, в которых можно найти объяснение многим встречающимся в тексте терминам, содержание которых студент представляет себе весьма туманно, хотя они ему и знакомы.

В процессе организации самостоятельной работы большое значение имеют консультации с преподавателем, в ходе которых можно решить многие проблемы изучаемого курса, уяснить сложные вопросы.

Для успешного усвоения материала данной учебной дисциплины, в частности, для выработки навыков решения задач необходима систематическая самостоятельная работа студентов по подготовке к практическим занятиям, коллоквиумам и к контрольным работам.

**1. Работа с учебными пособиями.** Для полноценного усвоения курса студент должен, прежде всего, овладеть основными понятиями этой дисциплины. Требуется также знать связи между понятиями, уметь устанавливать соотношения между классами объектов, описываемых различными понятиями.

**2. Самостоятельное изучение тем.** Самостоятельная работа студента является важным видом деятельности, позволяющим хорошо усвоить изучаемый предмет и одним из условий достижения необходимого качества подготовки и профессиональной переподготовки специалистов. Она предполагает самостоятельное изучение студентом рекомендованной учебно-методической литературы, различных справочных материалов, подготовку к лекционным и практическим занятиям, подготовку к зачету.

**3. Подготовка к практическим занятиям.** При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется изучить лекции и прочитать соответствующую литературу.

**4. Составление конспектов.** В конспекте отражены основные понятия темы. Для наглядности и удобства запоминания использованы схемы и таблицы.

### **Подробное содержание тем:**

#### **Тема 1. Постулаты квантовой механики**

Гильбертово пространство. Кубит. Сфера Блоха. Составные квантовые системы. Тензорное произведение гильбертовых пространств. Эрмитовы операторы и наблюдаемые. Измерения, постулат Борна. Унитарные операторы и унитарная эволюция. Операторы Паули. Гамильтониан и уравнение Шредингера. Соотношение неопределенностей.

#### **Тема 2. Малоразмерные квантовые системы**

Операторы координаты и импульса. Одномерное движение частицы. Атом водорода. Гармонический осциллятор, операторы рождения и уничтожения. Спин частицы. Спин системы двух электронов, атом гелия. Тождественность частиц, бозоны и фермионы. Системы кубитов, моделирующие реальные системы. Преобразования Йордана-Вигнера. Состояния Белла, запутанность. Чистые и смешанные состояния, оператор плотности. Постулат Дирака-фон Неймана. Физические реализации кубита. Некоторые эксперименты и «парадоксы» квантовой механики.

#### **Тема 3. Основные алгоритмы квантовых вычислений**



Квантовые логические элементы. Оператор Адамара, фазовые операторы, контролируемые операторы, операторы CNOT, CX и оператор Тоффоли. Квантовые цепи. Алгоритм Дойча. Оракул. Алгоритм Гровера. Квантовое преобразование Фурье. Алгоритм Шора и RSA протокол. Вариационные квантовые алгоритмы. Квантовая вычислительная сложность и квантовое вычислительное преимущество.

#### **Тема 4. Элементы квантовой информатики**

Поляризация фотона и элементы квантовых оптических схем. Запутанность состояний кубитов и квантовая телепортация. Эксперименты по проверке квантовой нелокальности. Протоколы передачи данных BB84 и E91. Теорема о запрете клонирования. Энтропия фон Неймана. Квантовое кодирование. Квантовая коррекция ошибок.

#### Требования к рейтинг-контролю для студентов очной формы обучения.

Текущая работа студентов очной формы обучения оценивается в 100 баллов, которые распределяются между двумя модулями (периодами обучения) следующим образом:

Модуль (период обучения)	Максимальная сумма баллов в модуле	Максимальный балл за рейтинговую контрольную работу
1	20	20
2	80	20

Правила формирования рейтинговой оценки и шкалу пересчета рейтинговых баллов в оценку на экзамене см. в «Положении о рейтинговой системе обучения в ТвГУ»:

[https://tversu.ru/sveden/files/204-R\\_Pologhenie\\_o\\_reytingovoy\\_sisteme\\_obucheniya\\_v\\_TvGU.pdf](https://tversu.ru/sveden/files/204-R_Pologhenie_o_reytingovoy_sisteme_obucheniya_v_TvGU.pdf)

#### **VII. Материально-техническое обеспечение**

Учебный процесс по данной дисциплине проводится в аудиториях, оснащенных мультимедийными средствами обучения. Для организации самостоятельной работы студентов необходимо наличие персональных компьютеров с доступом в Интернет.

<b>Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
---	--	---

<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная аудитория № 314 (Корпус 3, 170002, Тверская обл., г.Тверь, пер. Садовый, дом 35)</p>	<p>Набор учебной мебели, меловая доска, Мультимедийный комплект учебного класса</p>	<p>Google Chrome-бесплатно; Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows-Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022; Lazarus –бесплатно; OpenOffice –бесплатно; Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО-бесплатно; ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО-бесплатно</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория 203, 224, 170002, г.Тверь, Садовый пер-к, д. 35</p>	<p>Столы, стулья, переносной ноутбук, проектор</p>	<p>Google Chrome-бесплатно; Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows-Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022; Lazarus –бесплатно; OpenOffice –бесплатно; Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО-бесплатно; ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО-бесплатно</p>

### **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

<b>№п. п.</b>	<b>Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (или модуля)</b>	<b>Описание внесенных изменений</b>	<b>Дата и протокол заседания метод. комиссии факультета, утвердившего изменения</b>
1.	1 - 4	Разработка плана лекций и семинаров в соответствии с новым стандартом	Решение научно-методического совета математического факультета (протокол №1 от 26.08.2028 г.)