

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
базового высшего образования  
по направлению подготовки  
02.03.02 Фундаментальная информатика и  
информационные технологии,  
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО  
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Квантовая теория информации**

Направление подготовки: 02.03.02 Фундаментальная информатика и  
информационные технологии

Направленность (профиль): Квантовые вычислительные системы и сети

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная ФГАОУ ВО РУТ  
(МИИТ)

ID подписи: 4196

Подписал: заведующий кафедрой Желенков Борис  
Владимирович

Дата: 01.09.2026

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины «Квантовая теория информации» является формирование профессиональных компетенций по основным разделам дисциплины.

Основными задачами дисциплины являются:

- изучение студентами базовых аспектов классической и квантовой теории информации, а также характеристик квантовых каналов связи;
- студенты должны научиться применять квантовую теорию информации для решения практических задач.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ПК-1** - Способность свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений;

**ПК-3** - Способность применять физические основы процессов, использующихся в квантовых технологиях для шифрования информации.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Знать:**

- принципы работы современных информационных технологий;
- теоретические основы классической и квантовой информации;
- методы оценки количества информации и методы кодирования;
- свойства квантовой информации; физические основы передачи квантовой информации.

### **Уметь:**

физические основы процессов, использующихся в квантовых технологиях

### **Владеть:**

- навыками применения физических основ процессов, использующихся в квантовых технологиях для шифрования информации

## 3. Объем дисциплины (модуля).

### 3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

| Тип учебных занятий                                       | Количество часов |            |
|-----------------------------------------------------------|------------------|------------|
|                                                           | Всего            | Семестр №6 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 48               | 48         |
| В том числе:                                              |                  |            |
| Занятия лекционного типа                                  | 32               | 32         |
| Занятия семинарского типа                                 | 16               | 16         |

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 60 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля).

##### 4.1. Занятия лекционного типа.

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                     |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | <b>ИЗМЕРЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ</b><br>- свойства информации;<br>- информация об одной системе, содержащаяся в другой системе;<br>- частная информация о системе.            |
| 2     | <b>ЭНТРОПИЯ. СВОЙСТВА ЭНТРОПИИ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- информационная и физическая энтропия;<br>- свойства дискретной энтропии;<br>- условная энтропия. |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                         |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3        | <b>ВЗАИМНАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- условная энтропия и взаимная информация;<br>- свойства взаимной информации;<br>- преобразования информации.                                                                  |
| 4        | <b>ЭНТРОПИЯ И ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНЫХ СИСТЕМ</b><br>- энтропия для непрерывных систем;<br>- условная энтропия для непрерывных систем;<br>- энтропия объединенной непрерывной системы;<br>- информация для непрерывных систем.         |
| 5        | <b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАНАЛОВ СВЯЗИ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- источники информации и виды каналов связи;<br>- стационарность и эргодичность источников информации.                                                          |
| 6        | <b>ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ СООБЩЕНИЙ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- основные характеристики источников сообщений;<br>- свойства асимптотической равномерности, избыточность, производительность источника сообщений.             |
| 7        | <b>ДИСКРЕТНЫЕ КАНАЛЫ СВЯЗИ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- модели дискретных каналов связи;<br>- теоремы Шеннона для дискретных каналов связи, для дискретного канала без помех, для дискретного канала с помехами.                 |
| 8        | <b>НЕПРЕРЫВНЫЕ КАНАЛЫ СВЯЗИ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- теорема Котельникова и пропускная способность непрерывных каналов связи;<br>- пропускная способность и формула Шеннона;<br>- ограничения пропускной способности канала. |
| 9        | <b>ПЕРЕДАЧА СООБЩЕНИЙ ПРИ НАЛИЧИИ ПОМЕХ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- математическое описание линии связи с помехами;<br>- пропускная способность канала с помехами.                                                              |
| 10       | <b>КВАНТОВАЯ ТЕОРЕМА КОДИРОВАНИЯ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- пропускная способность классически-квантового канала связи;<br>- формулировка теоремы кодирования;<br>- функция надежности для канала с чистыми состояниями.       |
| 11       | <b>КВАНТОВЫЕ КАНАЛЫ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- эволюции квантовой системы;<br>- каналы, разрушающие сцепленность;<br>- комплементарные и ковариантные каналы;<br>- q-битные каналы.                                            |
| 12       | <b>КВАНТОВАЯ ЭНТРОПИЯ И ИНФОРМАЦИЯ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- квантовая относительная энтропия;<br>- монотонность относительной энтропии, свойства непрерывности;<br>- обменная энтропия;<br>- квантовая взаимная информация.  |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13       | <b>КЛАССИЧЕСКАЯ ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ КВАНТОВОГО КАНАЛА СВЯЗИ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- теорема кодирования;<br>- ?-пропускная способность;<br>- проблема аддитивности, эффект сцепленности в кодировании и декодировании;<br>- передача классической информации с помощью сцепленного состояния.         |
| 14       | <b>ПЕРЕДАЧА КВАНТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- квантовые коды, исправляющие ошибки;<br>- точность воспроизведения квантовой информации;<br>- квантовая пропускная способность;<br>- классическая пропускная способность и квантовая пропускная способность;<br>- квантовый канал с перехватом. |
| 15       | <b>КАНАЛЫ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА ВХОДЕ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- сходимости квантовых состояний;<br>- квантовая энтропия и относительная энтропия;<br>- C-q канал с бесконечным и непрерывным алфавитами;<br>- квантовый канал с ограничением.                                                                 |
| 16       | <b>ГАУССОВСКИЕ СИСТЕМЫ</b><br>Рассматриваемые вопросы:<br>- операторы, ассоциированные с коммутационным соотношением Гейзенберга;<br>- канонические коммутационные соотношения;<br>- динамика, квадратичные операторы и комплексные структуры;<br>- гауссовские состояния и каналы.                                   |

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Практические занятия

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                             |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <b>ЭНТРОПИЯ. МЕРА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ</b><br>Результат работы – правильно решенные задачи по теме «Измерение информации», «Энтропия. Свойства энтропии», «Взаимная информация». |
| 2        | <b>ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ. ШУМЫ</b><br>Результат работы – получение практических навыков решения задач для расчетов соотношения «сигнал-шум».                                   |
| 3        | <b>ОЦЕНКА ФУНКЦИИ НАДЕЖНОСТИ КАНАЛА С ЧИСТЫМИ СОСТОЯНИЯМИ</b><br>Результат работы – решенные задачи по теме «Квантовая теорема кодирования».                                 |
| 4        | <b>ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВЫХ КАНАЛОВ</b><br>Результат работы – отчет о проведенном исследовании и анализе комплементарных, ковариантных и q-битных каналов.                     |
| 5        | <b>КВАНТОВАЯ ЭНТРОПИЯ И КВАНТОВАЯ ВЗАИМНАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b><br>Результат работы – решенные задачи по теме «Квантовая энтропия и информация».                                   |
| 6        | <b>АНАЛИЗ КЛАССИЧЕСКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КВАНТОВОГО КАНАЛА СВЯЗИ</b>                                                                                                    |

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                        |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | Результат работы – решенные задачи по теме «Классическая пропускная способность квантового канала связи».                                                                               |
| 7        | <b>КВАНТОВЫЕ КОДЫ. КВАНТОВЫЙ КАНАЛ С ПЕРЕХВАТОМ И ОГРАНИЧЕНИЯМИ</b><br>Результат работы – решенные задачи по темам «Передача квантовой информации» и «Каналы с ограничениями на входе». |
| 8        | <b>ГАУССОВСКИЕ СОСТОЯНИЯ И КАНАЛЫ</b><br>Результат работы – решенные задачи по теме «Гауссовские системы».                                                                              |

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| №<br>п/п | Вид самостоятельной работы             |
|----------|----------------------------------------|
| 1        | Изучение дополнительной литературы     |
| 2        | Работа с лекционным материалом         |
| 3        | Подготовка к практическим занятиям     |
| 4        | Подготовка к промежуточной аттестации. |
| 5        | Подготовка к текущему контролю.        |

#### 5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

| №<br>п/п | Библиографическое описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Место доступа                                                                                                                 |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Расчет оценок показателей достоверности приема дискретной информации при заданной модели помехи в канале связи. Проектирование кодера и декодера БЧХ-кода: метод. указ. к курсовой работе Статистическая теория связи для студ. спец. Управление и информатика в технических системах / Л.А. Баранов; МИИТ. Каф. Управление и информатика в технических системах. - М.: МИИТ, 2008. - 56 с. | <a href="https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/04-35767.pdf">https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/04-35767.pdf</a> |
| 2        | Теория передачи сигналов: учеб. пособие для студ. спец. Автоматизированные системы обработки информации и управления; Информационные системы и технологии / В.И. Нейман; МИИТ. Каф. Автоматизированные системы управления. - М.: МИИТ, 2007. - 48 с.                                                                                                                                        | <a href="https://library.miit.ru/miitpublishing/04-35278.pdf">https://library.miit.ru/miitpublishing/04-35278.pdf</a>         |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                             |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Квантовая физика: учебно-метод. пособие к лаб. работам по физике 45, 47, 50, 52, 55, 147, 150, 151, 155 для студ. спец. ИУИТ, ИТТСУ, ИПСС / Л. М. Касименко, С. М. Кокин, С. В. Мухин [и др.] ; ред.: С. М. Кокин, В. А. Никитенко; МИИТ. Каф. Физика. - М.: РУТ (МИИТ), 2020. | <a href="https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/DC-1253.pdf">https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/DC-1253.pdf</a> |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Форум специалистов по информационным технологиям  
<http://citforum.ru/>

Интернет-университет информационных технологий  
<http://www.intuit.ru/>

Официальный сайт РУТ (МИИТ) (<https://www.miit.ru/>).

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>).

Образовательная платформа «Юрайт» (<https://urait.ru/>).

Общие информационные, справочные и поисковые системы «Консультант Плюс», «Гарант».

Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (<http://e.lanbook.com/>).

Электронно-библиотечная система [ibooks.ru](http://ibooks.ru) (<http://ibooks.ru/>).

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Microsoft Windows.

Microsoft Office.

Интернет-браузер (Yandex и др.)

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Учебная аудитория для проведения учебных занятий (занятий лекционного типа, практических занятий):

- компьютер преподавателя, рабочие станции студентов, мультимедийное оборудование, доска.

Аудитория подключена к сети «Интернет».

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 6 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

заведующий кафедрой, доцент, к.н.  
кафедры «Вычислительные системы  
и квантовые коммуникации»

Б.В. Желенков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВССиИБ

Б.В. Желенков

Председатель учебно-методической  
комиссии

Н.А. Андриянова