

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



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
02.03.02 Фундаментальная информатика и  
информационные технологии,  
утвержденной первым проректором 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 РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 4196  
Подписал: заведующий кафедрой Желенков Борис  
Владимирович  
Дата: 25.10.2024

## 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):

**ОПК-6** - Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;

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

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:**

- применять современные информационные технологии для работы с квантовыми системами;
- рассчитывать предельные соотношения для квантовых каналов и систем передачи информации;
- применить полученные знания по квантовой теории информации на практике для решения задач профессиональной деятельности.

### **Владеть:**

- навыками использования современных информационных технологий

для решения задач профессиональной деятельности;

- навыками использования методов теории квантовой информации для решения задач, связанных с передачей, приемом, обработкой и хранением 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> - свойства информации; - информация об одной системе, содержащаяся в другой системе; - частная информация о системе.
2	<b>ЭНТРОПИЯ. СВОЙСТВА ЭНТРОПИИ</b> Рассматриваемые вопросы: - информационная и физическая энтропия; - свойства дискретной энтропии; - условная энтропия.
3	<b>ВЗАИМНАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b> Рассматриваемые вопросы: - условная энтропия и взаимная информация; - свойства взаимной информации; - преобразования информации.
4	<b>ЭНТРОПИЯ И ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНЫХ СИСТЕМ</b> - энтропия для непрерывных систем; - условная энтропия для непрерывных систем; - энтропия объединенной непрерывной системы; - информация для непрерывных систем.
5	<b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАНАЛОВ СВЯЗИ</b> Рассматриваемые вопросы: - источники информации и виды каналов связи; - стационарность и эргодичность источников информации.
6	<b>ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ СООБЩЕНИЙ</b> Рассматриваемые вопросы: - основные характеристики источников сообщений; - свойства асимптотической равномерности, избыточность, производительность источника сообщений.
7	<b>ДИСКРЕТНЫЕ КАНАЛЫ СВЯЗИ</b> Рассматриваемые вопросы: - модели дискретных каналов связи; - теоремы Шеннона для дискретных каналов связи, для дискретного канала без помех, для дискретного канала с помехами.
8	<b>НЕПРЕРЫВНЫЕ КАНАЛЫ СВЯЗИ</b> Рассматриваемые вопросы: - теорема Котельникова и пропускная способность непрерывных каналов связи; - пропускная способность и формула Шеннона; - ограничения пропускной способности канала.
9	<b>ПЕРЕДАЧА СООБЩЕНИЙ ПРИ НАЛИЧИИ ПОМЕХ</b> Рассматриваемые вопросы: - математическое описание линии связи с помехами; - пропускная способность канала с помехами.
10	<b>КВАНТОВАЯ ТЕОРЕМА КОДИРОВАНИЯ</b> Рассматриваемые вопросы: - пропускная способность классически-квантового канала связи; - формулировка теоремы кодирования; - функция надежности для канала с чистыми состояниями.
11	<b>КВАНТОВЫЕ КАНАЛЫ</b> Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- эволюции квантовой системы;</li> <li>- каналы, разрушающие сцепленность;</li> <li>- комплементарные и ковариантные каналы;</li> <li>- q-битные каналы.</li> </ul>
12	<b>КВАНТОВАЯ ЭНТРОПИЯ И ИНФОРМАЦИЯ</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- квантовая относительная энтропия;</li> <li>- монотонность относительной энтропии, свойства непрерывности;</li> <li>- обменная энтропия;</li> <li>- квантовая взаимная информация.</li> </ul>
13	<b>КЛАССИЧЕСКАЯ ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ КВАНТОВОГО КАНАЛА СВЯЗИ</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- теорема кодирования;</li> <li>- ?-пропускная способность;</li> <li>- проблема аддитивности, эффект сцепленности в кодировании и декодировании;</li> <li>- передача классической информации с помощью сцепленного состояния.</li> </ul>
14	<b>ПЕРЕДАЧА КВАНТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- квантовые коды, исправляющие ошибки;</li> <li>- точность воспроизведения квантовой информации;</li> <li>- квантовая пропускная способность;</li> <li>- классическая пропускная способность и квантовая пропускная способность;</li> <li>- квантовый канал с перехватом.</li> </ul>
15	<b>КАНАЛЫ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА ВХОДЕ</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- сходимости квантовых состояний;</li> <li>- квантовая энтропия и относительная энтропия;</li> <li>- C-q канал с бесконечным и непрерывным алфавитами;</li> <li>- квантовый канал с ограничением.</li> </ul>
16	<b>ГАУССОВСКИЕ СИСТЕМЫ</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- операторы, ассоциированные с коммутационным соотношением Гейзенберга;</li> <li>- канонические коммутационные соотношения;</li> <li>- динамика, квадратичные операторы и комплексные структуры;</li> <li>- гауссовские состояния и каналы.</li> </ul>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<b>ЭНТРОПИЯ. МЕРА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ</b> Результат работы – правильно решенные задачи по теме «Измерение информации», «Энтропия. Свойства энтропии», «Взаимная информация».
2	<b>ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ. ШУМЫ</b> Результат работы – получение практических навыков решения задач для расчетов соотношения «сигнал-шум».

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
3	<b>ОЦЕНКА ФУНКЦИИ НАДЕЖНОСТИ КАНАЛА С ЧИСТЫМИ СОСТОЯНИЯМИ</b> Результат работы – решенные задачи по теме «Квантовая теорема кодирования».
4	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВЫХ КАНАЛОВ</b> Результат работы – отчет о проведенном исследовании и анализе комплементарных, ковариантных и q-битных каналов.
5	<b>КВАНТОВАЯ ЭНТРОПИЯ И КВАНТОВАЯ ВЗАИМНАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b> Результат работы – решенные задачи по теме «Квантовая энтропия и информация».
6	<b>АНАЛИЗ КЛАССИЧЕСКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КВАНТОВОГО КАНАЛА СВЯЗИ</b> Результат работы – решенные задачи по теме «Классическая пропускная способность квантового канала связи».
7	<b>КВАНТОВЫЕ КОДЫ. КВАНТОВЫЙ КАНАЛ С ПЕРЕХВАТОМ И ОГРАНИЧЕНИЯМИ</b> Результат работы – решенные задачи по темам «Передача квантовой информации» и «Каналы с ограничениями на входе».
8	<b>ГАУССОВСКИЕ СОСТОЯНИЯ И КАНАЛЫ</b> Результат работы – решенные задачи по теме «Гауссовские системы».

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ 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).

№ 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. -	<a href="https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/04-35767.pdf">https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/04-35767.pdf</a>

	56 с.	
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,  
сети и информационная  
безопасность»

Б.В. Желенков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВССиИБ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

Б.В. Желенков

Н.А. Андриянова