

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: 24.09.2026

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:

- Математический аппарат квантовой теории информации: гильбертовы пространства, физическую природу и свойства квантовой запутанности, квантовой когерентности и квантовых корреляций.
- Математический аппарат квантовой теории информации: гильбертовы пространства, физическую природу и свойства квантовой запутанности, квантовой когерентности и квантовых корреляций.

Уметь:

- Формализовать физические задачи обработки информации на языке квантовой механики, переходя от физической постановки задачи к ее математической модели;
- анализировать и синтезировать квантовые логические схемы и алгоритмы для решения задач поиска, факторизации и квантового моделирования;
- анализировать физические процессы, происходящие в квантовых системах передачи и шифрования информации;

- оценивать уровень безопасности объекта защиты и устойчивость квантовых каналов связи к различным типам криптографических атак

Владеть:

- профессиональной терминологией и навыками академической коммуникации для четкого и аргументированного представления результатов анализа и синтеза квантовых информационных систем в научных отчетах, статьях и презентациях;

- навыками применения физических основ процессов, использующихся в квантовых технологиях для шифрования информации, при решении практических задач защиты данных

профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений и квантовой связи

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	ИЗМЕРЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ - свойства информации; - информация об одной системе, содержащаяся в другой системе; - частная информация о системе.
2	ЭНТРОПИЯ. СВОЙСТВА ЭНТРОПИИ Рассматриваемые вопросы: - информационная и физическая энтропия; - свойства дискретной энтропии; - условная энтропия.
3	ВЗАИМНАЯ ИНФОРМАЦИЯ Рассматриваемые вопросы: - условная энтропия и взаимная информация; - свойства взаимной информации; - преобразования информации.
4	ЭНТРОПИЯ И ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНЫХ СИСТЕМ - энтропия для непрерывных систем; - условная энтропия для непрерывных систем; - энтропия объединенной непрерывной системы; - информация для непрерывных систем.
5	ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАНАЛОВ СВЯЗИ Рассматриваемые вопросы: - источники информации и виды каналов связи; - стационарность и эргодичность источников информации.
6	ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ СООБЩЕНИЙ Рассматриваемые вопросы: - основные характеристики источников сообщений; - свойства асимптотической равномерности, избыточность, производительность источника сообщений.
7	ДИСКРЕТНЫЕ КАНАЛЫ СВЯЗИ Рассматриваемые вопросы: - модели дискретных каналов связи; - теоремы Шеннона для дискретных каналов связи, для дискретного канала без помех, для дискретного канала с помехами.
8	НЕПРЕРЫВНЫЕ КАНАЛЫ СВЯЗИ Рассматриваемые вопросы: - теорема Котельникова и пропускная способность непрерывных каналов связи; - пропускная способность и формула Шеннона; - ограничения пропускной способности канала.
9	ПЕРЕДАЧА СООБЩЕНИЙ ПРИ НАЛИЧИИ ПОМЕХ Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- математическое описание линии связи с помехами; - пропускная способность канала с помехами.
10	КВАНТОВАЯ ТЕОРЕМА КОДИРОВАНИЯ Рассматриваемые вопросы: - пропускная способность классически-квантового канала связи; - формулировка теоремы кодирования; - функция надежности для канала с чистыми состояниями.
11	КВАНТОВЫЕ КАНАЛЫ Рассматриваемые вопросы: - эволюции квантовой системы; - каналы, разрушающие сцепленность; - комплементарные и ковариантные каналы; - q-битные каналы.
12	КВАНТОВАЯ ЭНТРОПИЯ И ИНФОРМАЦИЯ Рассматриваемые вопросы: - квантовая относительная энтропия; - монотонность относительной энтропии, свойства непрерывности; - обменная энтропия; - квантовая взаимная информация.
13	КЛАССИЧЕСКАЯ ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ КВАНТОВОГО КАНАЛА СВЯЗИ Рассматриваемые вопросы: - теорема кодирования; - ?-пропускная способность; - проблема аддитивности, эффект сцепленности в кодировании и декодировании; - передача классической информации с помощью сцепленного состояния.
14	ПЕРЕДАЧА КВАНТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ Рассматриваемые вопросы: - квантовые коды, исправляющие ошибки; - точность воспроизведения квантовой информации; - квантовая пропускная способность; - классическая пропускная способность и квантовая пропускная способность; - квантовый канал с перехватом.
15	КАНАЛЫ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА ВХОДЕ Рассматриваемые вопросы: - сходимости квантовых состояний; - квантовая энтропия и относительная энтропия; - C-q канал с бесконечным и непрерывным алфавитами; - квантовый канал с ограничением.
16	ГАУССОВСКИЕ СИСТЕМЫ Рассматриваемые вопросы: - операторы, ассоциированные с коммутационным соотношением Гейзенберга; - канонические коммутационные соотношения; - динамика, квадратичные операторы и комплексные структуры; - гауссовские состояния и каналы.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	ЭНТРОПИЯ. МЕРА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ Результат работы – правильно решенные задачи по теме «Измерение информации», «Энтропия. Свойства энтропии», «Взаимная информация».
2	ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ. ШУМЫ Результат работы – получение практических навыков решения задач для расчетов соотношения «сигнал-шум».
3	ОЦЕНКА ФУНКЦИИ НАДЕЖНОСТИ КАНАЛА С ЧИСТЫМИ СОСТОЯНИЯМИ Результат работы – решенные задачи по теме «Квантовая теорема кодирования».
4	ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВЫХ КАНАЛОВ Результат работы – отчет о проведенном исследовании и анализе комплементарных, ковариантных и q-битных каналов.
5	КВАНТОВАЯ ЭНТРОПИЯ И КВАНТОВАЯ ВЗАИМНАЯ ИНФОРМАЦИЯ Результат работы – решенные задачи по теме «Квантовая энтропия и информация».
6	АНАЛИЗ КЛАССИЧЕСКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КВАНТОВОГО КАНАЛА СВЯЗИ Результат работы – решенные задачи по теме «Классическая пропускная способность квантового канала связи».
7	КВАНТОВЫЕ КОДЫ. КВАНТОВЫЙ КАНАЛ С ПЕРЕХВАТОМ И ОГРАНИЧЕНИЯМИ Результат работы – решенные задачи по темам «Передача квантовой информации» и «Каналы с ограничениями на входе».
8	ГАУССОВСКИЕ СОСТОЯНИЯ И КАНАЛЫ 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.	https://library.mii.ru/bookscatalog/metod/04-35767.pdf

	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.	
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.	https://library.miit.ru/miitpublishing/04-35278.pdf
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.	https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/DC-1253.pdf

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/>).

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 ВСиКК

Б.В. Желенков

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова