

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	ИЗМЕРЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ <ul style="list-style-type: none"> - свойства информации; - информация об одной системе, содержащаяся в другой системе; - частная информация о системе.
2	ЭНТРОПИЯ. СВОЙСТВА ЭНТРОПИИ Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> - информационная и физическая энтропия; - свойства дискретной энтропии; - условная энтропия.
3	ВЗАЙМНАЯ ИНФОРМАЦИЯ Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> - условная энтропия и взаимная информация; - свойства взаимной информации; - преобразования информации.
4	ЭНТРОПИЯ И ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНЫХ СИСТЕМ Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> - энтропия для непрерывных систем; - условная энтропия для непрерывных систем; - энтропия объединенной непрерывной системы; - информация для непрерывных систем.
5	ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАНАЛОВ СВЯЗИ Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> - источники информации и виды каналов связи; - стационарность и эргодичность источников информации.
6	ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ СООБЩЕНИЙ Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> - основные характеристики источников сообщений; - свойства асимптотической равномерности, избыточность, производительность источника сообщений.
7	ДИСКРЕТНЫЕ КАНАЛЫ СВЯЗИ Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> - 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: <ul style="list-style-type: none"> - 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: <ul style="list-style-type: none"> - математическое описание линии связи с помехами; - пропускная способность канала с помехами.
10	КВАНТОВАЯ ТЕОРЕМА КОДИРОВАНИЯ Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> - пропускная способность классически-квантового канала связи; - формулировка теоремы кодирования; - функция надежности для канала с чистыми состояниями.
11	КВАНТОВЫЕ КАНАЛЫ Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> - эволюции квантовой системы; - каналы, разрушающие сцепленность; - комплементарные и ковариантные каналы; - q-битные каналы.
12	КВАНТОВАЯ ЭНТРОПИЯ И ИНФОРМАЦИЯ Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> - квантовая относительная энтропия; - монотонность относительной энтропии, свойства непрерывности; - обменная энтропия; - квантовая взаимная информация.
13	КЛАССИЧЕСКАЯ ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ КВАНТОВОГО КАНАЛА СВЯЗИ Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> - теорема кодирования; - \mathcal{C}-пропускная способность; - проблема аддитивности, эффект сцепленности в кодировании и декодировании; - передача классической информации с помощью сцепленного состояния.
14	ПЕРЕДАЧА КВАНТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> - 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: <ul style="list-style-type: none"> - сходимость квантовых состояний; - квантовая энтропия и относительная энтропия; - C-q канал с бесконечным и непрерывным алфавитами; - квантовый канал с ограничением.
16	ГАУССОВСКИЕ СИСТЕМЫ Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> - 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».

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
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. указ. к курсовой работе Статистическая теория связи для студ. спец. Управление и информатика в технических системах / Л.А. Баранов; МИИТ. Каф. Управление	https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/04-35767.pdf

	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, сети и информационная
безопасность»

Б.В. Желенков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВССиИБ

Б.В. Желенков

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова