

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан
А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Квантовые вычисления

по направлению подготовки / специальности

03.04.03 Радиофизика 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:
Цифровые технологии фотоники и радиофизики

Форма обучения
Очная

Квалификация
инженер-исследователь

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
А.П. Коханенко

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 – Способен применять фундаментальные знания в области физики, радиофизики и радиоэлектроники для решения научно-исследовательских задач.

ПК-1 – Способен производить анализ состояния научно-технической проблемы, технического задания, формулировать цель и задачи научного исследования в области профессиональной деятельности.

ПК-2 – Способен осуществлять построение математических моделей объектов исследования и выбор готового или разработку нового алгоритма решения задачи.

ПК-3 – Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1 Представляет современную научную картину мира, выявляет естественнонаучную сущность проблемы, формулирует задачи в области профессиональной деятельности и определяет пути их решения

РОПК-1.1 Формулирует проблему и определяет предметную область исследования

РОПК-2.1 Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы

РОПК-2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы

РОПК-2.3 Проводит компьютерное моделирование устройства или системы

РОПК-3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения профессиональных задач

2. Задачи освоения дисциплины

– Изучить основные операции квантовых вычислений.

– Научиться строить базовые квантовые алгоритмы.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Модуль «Квантовые технологии».

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Третий семестр, зачет с оценкой

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-практические занятия: 44 ч.

в том числе практическая подготовка: 44 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Основные понятия и определения

Математические основы квантовых вычисления, Комплексные числа, Линейные пространства, Линейные операторы, Эрмитовы и симметричные формы, Понятие квантового бита, Понятие квантовой системы, Измерение квантовой системы.

Тема 2. Квантовые гейты

Гейт Адамара, Оператор NOT (Гейт X), Гейт Z, Гейт Y, Гейт S, Гейт T, Гейты поворота R_x , R_y , R_z , Произвольные однокубитные унитарные гейты U, Контролируемые гейты

Тема 3. Квантовые алгоритмы

Перепутанные состояния двух кубитов. Базис Белла, Сверхплотное кодирование, Квантовая телепортация, Алгоритм Дойча. Задача Дойча-Джозы, Алгоритм Гровера, Квантовое преобразование Фурье, Алгоритм Шора

Лабораторная работа №1. Основы работы в эмуляторе квантового компьютера

Лабораторная работа №2. Однокубитные гейты

Лабораторная работа №3. Контролируемые гейты

Лабораторная работа №4. Квантовые алгоритмы

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, выполнения практических задач с использованием эмулятора, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой в третьем семестре проводится в форме решения практической задачи с использованием эмулятора квантового компьютера по билетам. Продолжительность зачета с оценкой 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «ИДО» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=26279>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Методические указания по проведению лабораторных работ.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Основы квантовых вычислений / С.Н. Торгаев, И.Д. Шульга, Е.А. Юрченко, М.Л. Громов : учебное пособие. – Томск : STT, 2020. – 88 с.

– Филиппов, Ф. В. Квантовые вычисления : учебное пособие / Ф. В. Филиппов. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2024. — 83 с. — Текст :

электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/426110>

– Хидари, Д. Д. Квантовые вычисления. Прикладной подход / Д. Д. Хидари ; перевод с английского В. А. Яроцкого. — Москва : ДМК Пресс, 2021. — 370 с. — ISBN 978-5-97060-890-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/240920>

б) дополнительная литература:

– Сысоев С.С. Введение в квантовые вычисления. Квантовые алгоритмы: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2019. — 144 с.

– Квантовые вычисления: учеб. пособие. — Казань: Изд-во Казанского федерального университета, 2010. — 100 с.

– Ожигов Ю.И. Квантовые вычисления: учебно-методическое пособие. — Москва: Изд-во Московского государственного университета, 2003. — 104 с.

– Кайе Ф., Лафлам Р., Моска М. Введение в квантовые вычисления. — Москва-Ижевск: Изд-во НОЦ «Регулярная и хаотическая динамика» Институт компьютерных исследований, 2009. — 360 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

– Эмулятор квантового компьютера qsim.tsu.ru

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ — <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ — <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань — <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента — <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт — <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com — <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks — <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Торгаев Станислав Николаевич, к.ф.-м.н., доцент, кафедра информационных технологий в исследовании дискретных структур радиофизического факультета, заведующий кафедрой