МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»

(ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая обработка информации

Ростов-на-Дону – Таганрог 2020

Содержание

[I. Цели и задачи освоения дисциплины 4](#_Toc43907457)

[II. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4](#_Toc43907458)

[III. Требования к результатам освоения дисциплины 6](#_Toc43907459)

[IV. Содержание и структура дисциплины 7](#_Toc43907460)

[4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам 7](#_Toc43907461)

[4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы 8](#_Toc43907462)

[4.3. Содержание учебного материала 10](#_Toc43907463)

[V. Образовательные технологии 11](#_Toc43907464)

[VI. Учебно-методическое обеспечение дисциплины 12](#_Toc43907465)

[6.1. Основная литература 12](#_Toc43907466)

[6.2. Дополнительная литература 12](#_Toc43907467)

[6.3. Периодические издания 13](#_Toc43907468)

[6.4. Перечень ресурсов сети Интернет 13](#_Toc43907469)

[VII. Материально-техническое обеспечение дисциплины 13](#_Toc43907470)

[VIII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 14](#_Toc43907471)

[IX. Учебная карта дисциплины 17](#_Toc43907472)

[X. Фонд оценочных средств 18](#_Toc43907473)

[10.1. Паспорт фонда оценочных средств 18](#_Toc43907474)

[10.2. Вопросы для коллоквиумов, собеседования на практических занятиях 18](#_Toc43907475)

[10.3. Темы рефератов 20](#_Toc43907476)

[10.4. Лабораторные работы №№ 1–4 (выполнение, подготовка отчёта, защита отчёта) 23](#_Toc43907477)

[1. Тематика лабораторных работ 23](#_Toc43907478)

[10.5. Экзаменационные вопросы и билеты 25](#_Toc43907479)

# Цели и задачи освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины: «Квантовая обработка информации» является удовлетворение потребностей личности студента в интеллектуальном, культурном и нравственном развитии путем получения высшего образования в области информатики и вычислительной техники, и, в частности, формирование у студентов компетенций в области основных физических и математических понятий, принципов и методов, имеющих отношение к квантовой обработке информации, а также достигнутых к настоящему времени результатов, относящиеся к области квантовых вычислений и квантовой информации.

Задачи освоения дисциплины:

* освоение магистрантами теоретических, практических и познавательных аспектов базовых подходов к задачам представления вычислительного процесса в виде составных квантовых схем;
* ознакомление магистрантов с выполнением математического моделирования квантовых вычислений с помощью матричных моделей с графическим и текстовым интерфейсом;
* компьютерное моделирование и проектирование инфокоммуникационных систем и устройств, а также их составляющих с помощью современного специализированного программно-математического обеспечения с учетом передового отечественного и зарубежного опыта;
* прием, обработка и передача информации, а также проведение исследований в области инфокоммуникаций с помощью современного специализированного программно-математического обеспечения с учетом передового отечественного и зарубежного опыта.
* ознакомление магистрантов с доказательной базой оценки эффективности квантовой реализации алгоритмов.

# Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к модулю обязательных профессиональных дисциплин образовательной программы, блок Б1 Дисциплины (модули).

Данная дисциплина опирается на базовые знания, умения и навыки, формируемые при получении предшествующего уровня образования.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими элементами образовательной программы:

| Наименование  дисциплины (модуля), практики | Требуемые знания, умения, навыки |
| --- | --- |
| Физика | Знания:   * о сущности квантовой информации, ее понятии, измерении, количестве и качестве информации, единицах измерения, информационных процессах в квантовых системах, основных видах обработки данных, функциональной и структурной организация квантового компьютера, а также основные понятия квантовой механики. |
| Навыки:  – владение численными методами решения задач квантовой механики |
| Информатика | Умения:   * решать задачи сбора, накопления и обработки компьютерной информации, составления электронных документов и презентаций; применять методы квантовой механики для решения различных практических задач. |
| Навыки:   * работы в текстовом и графическом редакторах (Visio – для оформления блок-схем алгоритмов, Word – для оформления проектных заданий); владение численными методами решения задач квантовой механики |

Знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной, потребуются при освоении следующих элементов образовательной программы:

* Архитектура, программирование и проектирование систем-на-кристалле;
* Исследовательский проект.

также необходимы при выполнении различных видов практики, научно-исследовательской работы и итоговой аттестации и написании выпускной квалификационной работы.

# Требования к результатам освоения дисциплины

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций в соответствии с образовательным стандартом и образовательной программой:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с индикаторами достижения компетенций

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Результаты обучения |
| --- | --- | --- |
| ПК-1. Способен проводить научно-исследовательскую работу в области высокопроизводительных вычислительных систем, включая системы квантовой обработки информации | ПК-1.1 Осуществляет обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследования в области высокопроизводительных вычислительных систем и квантовой обработки информации | Знания:  – научной проблематики в области квантовой обработки информации;  – отечественной и международной нормативной базы в области квантовой обработки информации;  – методов обработки и анализа научно-технической информации при проведении исследований в области в области высокопроизводительных вычислительных систем и квантовой обработки информации. |
| Умения:  – анализировать новую научную проблематику в области квантовой обработки информации;  – применять методы и средства проведения научных исследований в области квантовой обработки информации. |
| Навыки:  – проведения анализа новых направлений исследований в области  квантовой обработки информации. |
| ПК-1.2 Осуществляет управление результатами исследований в области высокопроизводительных вычислительных систем | Знания:  – научной проблематики в области высокопроизводительных вычислительных систем;  – отечественной и международной нормативной базы в области знаний высокопроизводительных вычислительных систем;  – методов, средств и практики внедрения научных исследований в области высокопроизводительных вычислительных систем. |
| Умения:  – применять методы разработки информационных, объектных, документных моделей в области высокопроизводительных вычислительных систем;  – применять актуальную нормативную документацию в области знаний высокопроизводительных вычислительных систем. |
| Навыки:   * анализа возможных областей для эффективного применения результатов проводимых научно-исследовательских работ в области высокопроизводительных вычислительных систем. |

# Содержание и структура дисциплины

Трудоёмкость дисциплины составляет 6 зачётных единиц, 216 часов,

в том числе 1 зачётная единица, 36 часов на экзамен.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

## Содержание дисциплины, структурированное по темам

| № п/п | Темы дисциплины | Семестр | Виды учебной работы и их трудоёмкость, часы  (в том числе с использованием онлайн-курсов) | | | | | Наименования оценочных средств |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Контактная работа | | | | Самостоя­тельная работа |
| Лекции | Практические занятия | | Лабораторные занятия |
| **Модуль 1. Организация квантового компьютера. Основы квантовых вычислений** | | | | | | | | |
| 1 | Квантовые вычисления. Организация квантового компьютера и квантовой обработки информации | 2 | 8 | 8 | | 8 | 65 | Отчеты по лабораторным работам Собеседование (устный опрос) по проблемно-ориентированной тематике, сформулированной студентом. Защита реферата. |
| **Модуль 2. Квантовые алгоритмы. Моделирование квантовых компьютеров** | | | | | | | | |
| 2 | Квантовые алгоритмы. Способы описания квантовых алгоритмов. Моделирование квантовых компьютеров | 2 | 8 | 10 | 8 | | 65 | Отчеты по лабораторным работам Собеседование (устный опрос) по проблемно-ориентированной тематике, сформулированной студентом  Защита реферата |
| Промежуточная аттестация | | 2 | – | – | – | | 36 | Экзаменационные вопросы и билеты |
| **Итого часов** | | **2** | **16** | **18** | **16** | | **130+36** | **–** |

## План внеаудиторной самостоятельной работы

| № п/п | Темы дисциплины | Семестр | Вид самостоятельной работы | Сроки выполнения (нед.) | Затраты времени (часы) | Учебно-методическое обеспечение |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Модуль 1. Организация квантового компьютера. Основы квантовых вычислений** | | | | | | |
| 1 | Организация квантового компьютера и квантовой обработки информации. Основы квантовых вычислений. | 2 | * проработка и повторение материала лекционных занятий; * подготовка к лабораторным занятиям * подготовка к практическим занятиям | 1–9 | 28 | см. раздел VI РПД |
| 2 | Организация квантового компьютера и квантовой обработки информации. Основы квантовых вычислений. | 2 | * подготовка реферата. | 1–9 | 37 | см. раздел VI РПД |
| **Модуль 2. Квантовые алгоритмы. Моделирование квантовых компьютеров** | | | | | | |
| 4 | Квантовые алгоритмы. Способы описания квантовых алгоритмов. Моделирование квантовых компьютеров | 2 | * проработка и повторение материала лекционных занятий; * подготовка к лабораторным занятиям * подготовка к практическим занятиям | 10-18 | 28 | см. раздел VI РПД |
| 5 | Квантовые алгоритмы. Способы описания квантовых алгоритмов. Моделирование квантовых компьютеров | 2 | – подготовка реферата. | 10-18 | 37 | см. раздел VI РПД |
| **Подготовка к экзамену** | | | | | **36** | см. раздел VI РПД |
| **Общая трудоёмкость самостоятельной работы по дисциплине** | | | | | **130+36** | **–** |

## Содержание учебного материала

**Модуль 1. Организация квантового компьютера. Основы квантовых вычислений.**

Понятие о квантовых вычислениях. Структурная схема квантового компьютера и организация его функционирования. Проблемы, существующие при создании и эксплуатации квантового компьютера. Квантовая информатика. Энтропия Шеннона. Энтропия фон Неймана. Квантовые логические вентили (гейты).

Невозможность клонирования кубита. Состояния Белла. Плотное кодирование. Квантовая телепортация.

**Модуль 2. Квантовые алгоритмы. Моделирование квантовых компьютеров.**

Квантовые алгоритмы и их классификация. Анализ эффективности квантовых алгоритмов. Квантовый алгоритм Дойча (Deutsch). Алгоритм Дойча-Джозса (Deutsch-Jozsa). Поисковый алгоритм Гровера. Алгоритм факторизации Шора. Квантовые алгоритмы, основанные на квантовом преобразовании Фурье. Оценка эффективности квантовых алгоритмов. Существующие модели квантового компьютера. Математические способы, описания квантовых компьютеров. Оценки эффективности моделей квантовых компьютеров. Тенденции в построении моделей квантового компьютера. Построение параллельных квантовых алгоритмов.

Перечень тем практических занятий

| №  п/п | Тема практического занятия | Количество часов |
| --- | --- | --- |
| **Модуль 1. Организация квантового компьютера. Основы квантовых вычислений.** | | |
| 1 | Краткая история теории квантовых вычислений.  Организация квантовой информатика. Энтропия Шеннона. Энтропия фон Неймана. | 2 |
| 2 | Представление квантовой обработки информации через бра- и кет- вектора. Представление квантовой обработки информации через матрицы плотности. | 2 |
| 3 | Проблемы, существующие при создании и эксплуатации квантового компьютера | 2 |
| 4 | Квантовые логические вентили (гейты). | 2 |
| **Модуль 2. Квантовые алгоритмы. Моделирование квантовых компьютеров** | | |
| 5 | Классификация квантовых алгоритмов. Понятие сложности алгоритмов. Оценка эффективности. NP-алгоритмы. Оценка эффективности. | 2 |
| 6 | Математическое моделирование квантовых вычислений: матричные модели. Алгоритмы для имитации квантового компьютера. Способ имитации квантового компьютера. | 2 |
| 7 | Поисковый алгоритм Гровера. Алгоритм факторизации Шора. | 2 |
| 8 | Квантовые алгоритмы, основанные на квантовом преобразовании Фурье. Оценка эффективности квантовых алгоритмов. | 4 |
| **Всего часов** | | **18** |

Перечень лабораторных работ

| №  п/п | Название лабораторной работы | Количество часов |
| --- | --- | --- |
| **Модуль 1. Организация квантового компьютера. Основы квантовых вычислений.** | | |
| 1 | Реализация квантовых оптических вентилей NOT и CNOT | 4 |
| 2 | Реализация квантового оптического вентиля CСNOT | 4 |
| **Модуль 2. Квантовые алгоритмы. Моделирование квантовых компьютеров** | | |
| 3 | Элементарные квантовые алгоритмы. Однокубитовые квантовые схемы | 4 |
| 4 | Двухкубитовые квантовые схемы. Квантовый алгоритм Гровера | 4 |
| **Всего часов** | | **16** |

# Образовательные технологии

При реализации различных видов учебной работы (лекционный курс, практические и лабораторные занятия) используется принцип сочетания аудиторных и электронных форм преподавания.

В лекционных занятиях применяются интерактивные формы общения со студентами в виде разбора конкретных задач и алгоритмов, применяется современные информационные технологии в виде презентаций с применением интерактивных досок и проекционной аппаратуры.

С целью формирования и развития требуемых компетенций обучающихся предусмотрены:

* практические занятия, в рамках которых решаются задачи и алгоритмы, обсуждаются вопросы лекций;
* лабораторные работы с элементами мастер-класса;
* круглый стол по современным проблемам высокопроизводительных вычислительных систем и квантовой обработки информации;
* самостоятельная работа студентов, включающая усвоение теоретического материала, выполнение и подготовка к защите рефератов; подготовка к текущему контролю знаний и к промежуточной аттестации;
* консультирование студентов по вопросам учебного материала.

**Наименование тем занятий с использованием интерактивных форм обучения**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Тема занятия | Вид занятия | Форма / Методы интерактивного обучения | Кол-во часов |
| 1 | Реализация квантовых оптических вентилей NOT и CNOT | лабораторные | интерактивные образовательные технологии с применением компьютерной техники | 4 |
| 2 | Реализация квантового оптического вентиля CCNOT | 4 |
| 3 | Элементарные квантовые алгоритмы.  Однокубитовые квантовые схемы. | 4 |
| 4 | Квантовый алгоритм Гровера | 4 |
| Итого часов | | | | **16** |

В результате выполнения заданий в приведенной серии лабораторных занятий студенты будут обладать знаниями и умениями по реализации квантовых логических схем для различных алгоритмов, а также получат навыки в моделировании узлов вычислительных систем для реализации специализированных алгоритмов цифровой обработки сигналов.

Прикладные задачи выбираются студентами или выдаются преподавателем. Поощряется решение творческих, нетривиальных задач. Предлагается создание групп по 2-3 человека. Каждая группа в конце курса представит проект, реализующий решение прикладной задачи.

Наряду с традиционными образовательными технологиями, для реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологий в электронной информационно-образовательной среде Южного федерального университета. Лекционные занятия и другие формы контактной работы обучающихся с преподавателем могут проводиться с использованием платформ Microsoft Teams, Cisco, Moodle (BigBlueButton) и др., что позволяет обеспечить онлайн и офлайн взаимодействие преподавателя с обучающимися в рамках дисциплины.

Основными методами текущего контроля являются электронный учёт и контроль учебных достижений студентов (использование средств сервиса балльно-рейтинговой системы; ведение электронного журнала успеваемости, проведение электронного тестирования и применение других средств контроля с использованием системы электронного обучения).

# Учебно-методическое обеспечение дисциплины

## Основная литература

1. Шень А. Х. Классические и квантовые вычисления / А.Х. Шень; М.Н. Вялый - Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007. – 236 с.

[http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234673](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234673%20) (кол-во неограниченно).

1. Бернхард К. Квантовые вычисления для настоящих айтишников. – СПб.: Питер, 2020. – 240 с.: ил. – (Серия «Библиотека программиста» <https://www.piter.com/product/kvantovye-vychisleniya-dlya-nastoyaschih-aytishnikov> (кол-во неограниченно).
2. Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация: Пер. с англ. – М.: Мир, 2006. – 824 с. <http://bookfi.org/md5/c7ad3038eadc102ab800c8a0d5c89617> (кол-во неограниченно).
3. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: надежда и реальность. - Ижевск: НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2001. – 352 с. <http://www.proklondike.com/books/thproch/valiev_kokin_kvantovie_comp.html> (кол-во неограниченно).
4. 3. Берман Г.П., Дулен Г.Д., Майньери Р., Цифринович В.И. Введение в квантовые компьютеры. – М. – Ижевск: Институт квантовых исследований; НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004. – 188 с. <http://www.libex.ru/detail/book663594.html> (кол-во неограниченно).

## Дополнительная литература

1. Гузик, Вячеслав Филиппович, Беспалов, Д.А., Ляпунцова, Е.В., Поленов М.Ю. Проектирование высокопроизводительных проблемно-ориентированных вычислительных систем [Текст] : монография / ЮФУ, ИТА, ИКТИБ. - Ростов н/Д-Таганрог : Изд-во ЮФУ, 2016.- 516 с. [http://ntb.tgn.sfedu.ru/NS/NS\_1525434.pdf](http://ntb.tgn.sfedu.ru/NS/NS_1525434.pdf%20) (кол-во неограниченно).
2. Гузик В.Ф., Гушанский С.М., Ляпунцова Е.В. Квантовый компьютинг: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2012. – 120 с. <http://ntb.tgn.sfedu.ru/UML/UML_4967.pdf> (кол-во неограниченно).

## Периодические издания

1. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий», <http://www.vkit.ru/>
2. Журнал «Информационные системы и технологии», <http://oreluniver.ru/science/journal/isit>
3. Журнал «Информационные технологии», <http://novtex.ru/IT/>
4. Журнал «Известия ЮФУ. Технические науки», <http://izv-tn.tti.sfedu.ru/>
5. Журнал «Информатизация и связь», <http://www.infsv.ru/>

## Перечень ресурсов сети Интернет

1. Научная электронная библиотека. <http://elibrary.ru/>

2. Центр аналитической информации. <http://citforum.ru/>

3. Сайт кафедры Вычислительной техники <http://dce.ictis.sfedu.ru/>

# Материально-техническое обеспечение дисциплины

При реализации дисциплины используются следующие помещения, оборудование и программное обеспечение:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Модуль дисциплины | Адрес (местоположение) учебных кабинетов, наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий с перечнем основного оборудования | Оснащенность учебного кабинета (технические средства, наборы демонстрационного оборудования, лабораторное оборудование и т.п.) |
| 1 | Модуль 1. Организация квантового компьютера. Основы квантовых вычислений. | г. Таганрог, ул. Энгельса 1, Корпус Г  Г-412, Г-413. Электронная доска и проектор Smart Board 6801. Электронное пособие по курсу. | Полная |
| 2 | Модуль 2.. Квантовые алгоритмы. Моделирование квантовых компьютеров. | г. Таганрог, ул. Энгельса 1, Корпус Г  Г-412, Г-413. Электронная доска и проектор Smart Board 6801. Электронное пособие по курсу. | Полная |

**1.** Для проведения лабораторных и практических занятий по дисциплине «Квантовая обработка информации» используется лаборатории Г-410, Г-412, Г-413 кафедры ВТ, 12 рабочих станций, а также лицензионное, свободное и разработанное на кафедре ВТ программное обеспечение.

**2.** Для получения практических навыков используются следующие средства, размещенные на учебно-лабораторном оборудовании:

* 1. Операционная система Microsoft Windows 7 x32 (лицензия Microsoft Academic Alliance).

Назначение:

Управление ПЭВМ и выполнение действий, предусмотренных требованиями учебной программы (разработка, тестирование и размещение программ) в рамках особенностей операционной системы.

Установка:

Выполняется согласно указаниям руководства по установке с компакт-диска или flash-накопителя.

* 1. Среда разработки приложений Microsoft Visual Studio 2010 (лицензия Microsoft Academic Alliance).

Назначение:

Разработка, отладка, тестирование и размещение программ для ОС MicrosoftWindows.

Установка:

Выполняется согласно указаниям руководства по установке с компакт-диска или flash-накопителя

* 1. Система математических вычислений SageMath (свободная лицензия GPL).

Назначение:

Выполнение математических вычислений, реализация численных методов, внедрение методов математического моделирования.

4. Microsoft Office (Microsoft Teams), актуальные версии браузеров Chrome, Firefox, Edge, Safari с поддержкой протокола WebRTC

# Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина «Квантовая обработка информации» читается во 2-ом семестре.

Учебный процесс обучения по дисциплине включает в себя аудиторные занятия (лекции, практические и лабораторные занятия) и самостоятельную работу. Итоговый контроль по дисциплине – экзамен. Лекторы и преподаватели, ведущие практические занятия, контролируют посещение всех видов аудиторных занятий.

Система университетского обучения основывается на рациональном сочетании нескольких видов аудиторных учебных занятий (лекций, практических и лабораторных занятий) и самостоятельной внеаудиторной и аудиторной работы, каждая из которых обладает определенной спецификой.

Если учебные занятия и/или промежуточная аттестация проводятся с использованием ЭО и ДОТ, то при их организации и проведении необходимо руководствоваться Методическими рекомендациями, утвержденными Приказом ректора ЮФУ №394 от 17 марта 2020 г., и инструкциями в разделе «Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии» по адресу <http://ictis.sfedu.ru/dot/>

**Подготовка к лекциям.** Знакомство с дисциплиной происходит уже на первой лекции. От студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. При работе с конспектом лекций необходимо учитывать тот фактор, что одни лекции дают ответы на конкретные вопросы темы, другие – лишь выявляют взаимосвязи между явлениями, помогая студенту понять глубинные процессы развития изучаемого предмета, как в истории, так и в настоящее время.

Конспектирование лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем записать ее. Желательно запись осуществлять на одной странице листа или оставляя поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

**Подготовка к практическим занятиям.** Основная цель проведения практических занятий – формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков. Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с ознакомления с учебной картой практического занятия, которая отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов учебной карты основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении – пример, который разбирается с позиций теории, развитой в лекции. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов – решение задач, расчетные работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнить практические задания и примеры, контрольные работы.

В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

**Подготовка к лабораторным занятиям.** Основная цель проведения лабораторных занятий – формирование у студентов практических навыков. Подготовку к каждому лабораторному занятию студент должен начать с ознакомления с методическими рекомендациями по выполнению лабораторной работы. Затем студент должен проанализировать предложенный ему вариант задания лабораторной работы и составить для себя план его выполнения. Непосредственно на занятии самостоятельно или в режиме мастер-класса студент выполняет задание лабораторной работы. По итогам его выполнения студент составляет отчет о выполненной лабораторной работе. Требования по оформлению отчета изложены в методических рекомендациях по выполнению лабораторных работ по дисциплине.

Защита лабораторной работы начинается с предъявления преподавателю результата выполнения работы и отчета, в случае удовлетворительного качества предъявленного материала, завершается собеседованием по теме работы.

**Рекомендации по работе с литературой.** Работу с литературой целесообразно начать с изучения общих работ по теме, а также учебников и учебных пособий. Далее рекомендуется перейти к анализу монографий и статей, рассматривающих отдельные аспекты проблем, изучаемых в рамках курса, а также официальных материалов и неопубликованных документов (научно-исследовательские работы, диссертации), в которых могут содержаться основные вопросы изучаемой проблемы.

Работу с источниками надо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения.

В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых фрагментов текста, то используется метод выборочного чтения. Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к теме) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой» материала. Такое чтение предполагает выделение: 1) главного в тексте; 2) основных аргументов; 3) выводов. Особое внимание следует обратить на то, вытекает тезис из аргументов или нет.

Необходимо также проанализировать, какие из утверждений автора носят проблематичный, гипотетический характер и уловить скрытые вопросы. Понятно, что умение таким образом работать с текстом приходит далеко не сразу. Наилучший способ научиться выделять главное в тексте, улавливать проблематичный характер утверждений, давать оценку авторской позиции – это сравнительное чтение, в ходе которого студент знакомится с различными мнениями по одному и тому же вопросу, сравнивает весомость и доказательность аргументов сторон и делает вывод о наибольшей убедительности той или иной позиции.

Если в литературе встречаются разные точки зрения по тому или иному вопросу, нельзя их отвергать, не разобравшись. При наличии расхождений между авторами необходимо найти рациональное зерно у каждого из них, что позволит глубже усвоить предмет изучения и более критично оценивать изучаемые вопросы.

Следующим этапом работы с литературными источниками является создание конспектов, фиксирующих основные тезисы и аргументы. Можно делать записи на отдельных листах, которые потом легко систематизировать по отдельным темам изучаемого курса. Другой способ – это ведение тематических тетрадей-конспектов по одной какой-либо теме. Большие специальные работы монографического характера целесообразно конспектировать отдельно.

Таким образом, при работе с источниками и литературой важно уметь:

* сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
* обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;
* фиксировать основное содержание сообщений; формулировать, устно и письменно, основную идею сообщения; составлять план, формулировать тезисы;
* работать в разных режимах (индивидуально, в паре, в группе), взаимодействуя друг с другом;
* пользоваться реферативными и справочными материалами;
* контролировать свои действия и действия своих товарищей, объективно оценивать свои действия;
* обращаться за помощью, дополнительными разъяснениями к преподавателю, другим студентам.
* пользоваться лингвистической или контекстуальной догадкой, словарями различного характера, различного рода подсказками, опорами в тексте (ключевые слова, структура текста, предваряющая информация и др.).

**Подготовка к промежуточной аттестации.** Студенты, которые по уважительной причине не смогли набрать необходимое число баллов по текущему контролю модуля, могут по согласованию с преподавателем ликвидировать задолженности до начала промежуточной аттестации (экзамена). Основным ориентиром при подготовке к экзамену служат вопросы для экзамена, приведенные в фонде оценочных средств. Изучая материал, относящийся к конкретному вопросу, следует внимательно прочитать рекомендованную литературу, выделить и рассмотреть различные подходы к его решению, проанализировать их сходство и различие, возможные преимущества и недостатки. При подготовке к экзамену рекомендуется составить план ответа на вопрос и привести примеры использования рассматриваемых теоретических положений на практике.

# Учебная карта дисциплины

**Курс 1, семестр 2, очная форма обучения**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Виды контрольных мероприятий  (наименования оценочных средств) | Количество баллов | |
| Текущий контроль | Рубежный контроль |
| **Модуль 1. Организация квантового компьютера. Основы квантовых вычислений** | | | |
| 1 | Лабораторные работы №№ 1, 2 (выполнение, подготовка отчёта, защита отчётов) | 10 (2 работы × 5 баллов) | – |
| 2 | Работа на практических занятиях | 5 | – |
| 3 | Реферат, собеседование | – | 15 |
| **Модуль 2. Квантовые алгоритмы. Моделирование квантовых компьютеров** | | | |
| 4 | Лабораторные работы №№ 3, 4 (выполнение, подготовка отчёта, защита отчётов) | 10 (2 работы × 5 баллов) | – |
| 5 | Работа на практических занятиях | 5 | – |
| 6 | Реферат, собеседование | – | 15 |
| **Всего** | | **30** | **30** |
| Бонусные баллы | | **до 10 баллов**  (должны быть отражены порядок и критерии начисления бонусных баллов) | |
| **Промежуточная аттестация  в форме экзамена** | | **40 баллов**  Экзамен считается сданным при получении не менее 22 баллов, для допуска к экзамену необходимо набрать не менее 38 баллов по сумме текущего и рубежного контроля.  Оценка по дисциплине выставляется по сумме баллов за текущий контроль, рубежный контроль и экзамен:   * 85–100 баллов – оценка «отлично»; * 71–84 балла – оценка «хорошо»; * 60–70 баллов – оценка «удовлетворительно»; * менее 60 баллов – оценка «неудовлетворительно» | |

# Фонд оценочных средств

## Паспорт фонда оценочных средств

| № п/п | Индикатор достижения компетенции | Наименование оценочного средства |
| --- | --- | --- |
| 1 | ПК-1.1 Осуществляет обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследования в области высокопроизводительных вычислительных систем и квантовой обработки информации | * лабораторные работы № 1, 2; * реферат; * экзаменационные вопросы и билеты |
| 2 | ПК-1.2 Осуществляет управление результатами исследований в области высокопроизводительных вычислительных систем | * лабораторные работы № 3, 4; * реферат; * экзаменационные вопросы и билеты |

## Вопросы для коллоквиумов, собеседования на практических занятиях

**1.Тематика вопросов по разделам и темам**

**Модуль 1.** *Организация квантового компьютера. Основы квантовых вычислений.*

1. Организация квантового компьютинга.
2. Квантовая информатика.
3. Энтропия Шеннона.
4. Энтропия фон Неймана.
5. Энтропия Холево.
6. Представление квантовой обработки информации через бра- и кет- вектора.
7. Представление квантовой обработки информации через матрицы плотности.
8. Краткая история теории квантовых вычислений.
9. Ограничения, налагаемые на классические компьютеры при решении задач. Идея квантового компьютера (КК).
10. Представление о сложности алгоритмов.
11. Схемы работы КК. Основные этапы работы КК. Требования, предъявляемые к конструкции КК.
12. Проблемы, стоящие перед разработчиками КК.
13. Задачи, для решения можно применять КК.
14. Возможные конструкции квантовых компьютеров.
15. Основы теории классических вычислений. Машина Тьюринга.
16. Основы теории классических вычислений. Основной постулат (тезис Черча).
17. Основные понятия алгебры логики и логические вентили (гейты).
18. Типовые операторы. (Формальный аппарат: описание регистра и вычисления в виде формул).
19. Обратимые логические гейты (инверсия, контролируемая инверсия).
20. Обратимые логические гейты (гейт Тоффоли, гейт Фредкина).
21. Обратимые логические гейты (борьба с ”мусорными” битами).
22. Универсальный квантовый компьютер. Требования, предъявляемые к квантовому компьютеру.
23. Принципиальная схема квантового компьютера (Валиев).
24. Кубит и его динамика.
25. Логические однокубитовые гейты. Гейт Адамара.
26. Контролируемые двухкубитовые квантовые гейты.
27. Универсальные квантовые гейты.

**Модуль2.** *Квантовые алгоритмы. Моделирование квантовых компьютеров.*

1. Перечислите методы моделирования вычислительных систем.
2. Приведите основные алгоритмы теории квантовых вычислений.
3. Приведите перспективные методики моделирования квантовых вычислений.
4. Опишите основы программирования квантовых вычислителей.
5. Классификация квантовых алгоритмов. Оценка эффективности.
6. NP-алгоритмы. Оценка эффективности.
7. Невозможность клонирования кубита.
8. Состояния Белла. Формирование запутанного состояния.
9. Плотное кодирование.
10. Квантовая телепортация.
11. Квантовый параллелизм. Гейты Уолша-Адамара.
12. Понятие квантового алгоритма. Классификация квантовых алгоритмов. Квантовый оракул.
13. Квантовый алгоритм Дойча (Deutsch). Алгоритм Дойча-Джозса (Deutsch-Jozsa).
14. Квантовый алгоритм нахождения периода функции.
15. Квантовый алгоритм вычисления дискретного логарифма.
16. Квантовый алгоритм, реализующий аналог двоичного устройства: полусумматор.
17. Квантовый алгоритм, реализующий аналог двоичного устройства: сумматор.
18. Квантовый алгоритм, реализующий аналог двоичного устройства: дешифратор.
19. Квантовые схемы. Способы описания квантовых схем.
20. Квантовая машина Тьюринга.
21. Поисковый алгоритм Гровера.
22. Алгоритм факторизации Шора.
23. Математическое моделирование квантовых вычислений: матричные модели.
24. Алгоритмы для имитации квантового компьютера.
25. Способ имитации квантового компьютера.
26. Имитация квантовых преобразований.
27. Имитация измерений квантовых регистров.
28. Язык для представления квантовых алгоритмов.
29. Языки моделирования двойного назначения.

**2. Критерии оценки:**

Вопросы для собеседования могут использоваться во время проведения практических занятий или коллоквиумов, как инструментарий для более объективного оценивания знаний студентов, и во время проведения лекционных занятий для контроля изучения теоретического материала. Ответы на вопросы оцениваются в пределах баллов, отведенных для текущего и рубежного контроля.

* оценка 5-4 балла выставляется студенту, если при собеседовании студент ответил уверенно на все вопросы теоретической части;
* оценка 3-2 балла – если при собеседовании студент ответил не на все вопросы теоретической части;
* оценка 1 балл – если при собеседовании студент отвечает не уверенно, запинаясь, но не менее чем на вопросы теоретической части дает правильные ответы;

## Темы рефератов

Тематика рефератов по разделам и темам

**Модули 1, 2. Организация квантового компьютера. Основы квантовых вычислений. Квантовые алгоритмы. Моделирование квантовых компьютеров**

1. Формирование квантовых концепций и введение в квантовую информатику.
2. Возможные конструкции квантовых компьютеров.
3. Физические основы для построения квантовых вычислителей.
4. Квантовый компьютер, реализованный на фотонах.
5. Квантовая память – способы ее реализации и применения.
6. Современные тенденции построения квантовых компьютеров.
7. Современные средства реализации квантовой запутанности.
8. Существующие проблемы при разработке и реализации квантовых компьютеров.
9. Преимущества квантовых компьютеров по отношению к существующим средствам вычислительной техники.
10. Телепортация.
11. Квантовые алгоритмы.
12. Квантовые алгоритмы, используемые при распознавании образов.
13. Оценка эффективности квантовых алгоритмов.
14. Существующие модели квантового компьютера.
15. Математические способы, описания квантовых компьютеров.
16. Оценки эффективности моделей квантовых компьютеров.
17. Тенденции в построении моделей квантового компьютера.
18. Существующие языки программирования квантового компьютера.
19. Использование функциональных языков программирования для моделирования.
20. Модель узла вычислительной системы, реализующая алгоритм Шора и его реализация на функциональном языке программирования.
21. Модель узла вычислительной системы, реализующая алгоритм Гровера и его реализация на функциональном языке программирования.
22. Модель узла вычислительной системы, реализующая алгоритм Саймона и его реализация на функциональном языке программирования.
23. Модель узла вычислительной системы, реализующая алгоритм Фурье и его реализация на функциональном языке программирования.
24. Модель узла вычислительной системы, реализующая алгоритм Добеши и его реализация на функциональном языке программирования.
25. Функциональный язык Haskell и его возможности для применения к задаче моделирования узлов ВС специализированного назначения на основе квантовых схем.
26. Интерфейс модели как возможная форма среды программирования квантового компьютера.
27. Матричные модели квантовых компьютеров с графическим и текстовым интерфейсом.
28. Квантовый компьютер, разработанный фирмой D-Wave Systems.

**Методические рекомендации по написанию, требования к оформлению**

***Общие положения***

Реферат это одна из форм устной итоговой аттестации. Реферат – это самостоятельная исследовательская работа, в которой автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды не нее. Содержание реферата должно быть логичным, изложение материала носит проблемно-тематический характер.

***Цель***

Реферат как форма промежуточной (итоговой) аттестации стимулирует раскрытие исследовательского потенциала студента, способность к творческому поиску, сотрудничеству, самораскрытию и проявлению возможностей.

***Общие требования к реферату:***

1. Объем – 15-20 страниц.
2. Материалы, которые используются в реферате, не должны быть старше 3 лет.
3. В реферате должно быть содержание.
4. В реферате должен быть список используемых источников.
5. По тексту реферата должны быть ссылки на источники, откуда был получен материал.
6. Должна быть электронная копия реферата и те материалы, которые использовались при подготовке реферата в виде файлов с расширением doc, docx, pdf, html и т. д.
7. Исходные коды программ и другие материалы должны присутствовать в полном объеме в виде Приложения к реферату или на электронном носителе.
8. Допускается индивидуальная тема, согласованная с преподавателем.

***Требования к содержимому реферата***

Автор реферата должен продемонстрировать достижение им уровня профессиональной компетенции, т.е. продемонстрировать знания по теме исследования, существующих междисциплинарных связях, умение проявлять оценочные знания, изучать теоретические работы, использовать различные методы исследования, применять различные приемы творческой деятельности.

1. Необходимо правильно сформулировать тему, отобрать по ней необходимый материал.  
2. Использовать только тот материал, который отражает сущность темы.  
3. Во введении к реферату необходимо обосновать выбор темы.  
4. После цитаты необходимо делать ссылку на автора, например [№ произведения по списку, стр.].  
5. Изложение должно быть последовательным. Недопустимы нечеткие формулировки, речевые и орфографические ошибки.  
6. В подготовке реферата необходимо использовать материалы современных изданий не старше 3 лет.  
7. Оформление реферата (в том числе титульный лист, литература) должно быть грамотным.  
8. Список литературы оформляется с указанием автора, названия источника, места издания, года издания, названия издательства, использованных страниц.

9. Программные коды, разработанные студентами в ходе работы над рефератом, должны быть представлены в полном объеме в виде Приложения к тексту и на электронном носителе.

***Требования к оформлению реферата***

- Изложение текста и оформление реферата выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32 – 2001, ГОСТ 2.105 – 95 и ГОСТ 6.38 – 90. Страницы текстовой части и включенные в нее иллюстрации и таблицы должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 9327-60.

- Реферат должен быть выполнен на одной стороне бумаги формата А4 через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным, высота букв, цифр и других знаков не менее 1.8 (шрифт Times New Roman, 14 пт.).

- Текст следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: верхнее и нижнее – 20 мм, левое – 30 мм, правое – 10 мм. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту и составлять 1,25 см.

- Выравнивание текста по ширине.

- Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, применяя выделение жирным шрифтом, курсив, подчеркивание.

- Перенос слов недопустим.

- Точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

- Подчеркивать заголовки не допускается.

- Расстояние между заголовками раздела, подраздела и последующим текстом так же, как и расстояние между заголовками и предыдущим текстом, должно быть равно 15мм (2 пробела).

- Название каждой главы и параграфа в тексте работы можно писать более крупным шрифтом, жирным шрифтом, чем весь остальной текст. Каждая глава начинается с новой страницы, параграфы (подразделы) располагаются друг за другом.

- В тексте реферат рекомендуется чаще применять красную строку, выделяя законченную мысль в самостоятельный абзац.

- Перечисления, встречающиеся в тексте реферата, должны быть оформлены в виде маркированного или нумерованного списка.  
*Пример:*

*Цель работы:  
1). Научиться организовывать свою работу;  
2). Поставить достижимые цели;  
3). Составить реальный план;  
4). Выполнить его и оценить его результаты*

- Все страницы обязательно должны быть пронумерованы. Нумерация листов должна быть сквозной. Номер листа проставляется арабскими цифрами.

- Нумерация листов начинается с третьего листа (после содержания) и заканчивается последним. На третьем листе ставится номер «3».

- Номер страницы на титульном листе не проставляется.

- Номера страниц проставляются в центре нижней части листа без точки. Список использованной литературы и приложения включаются в общую нумерацию листов.

- Рисунки и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию листов и помещают по возможности следом за листами, на которых приведены ссылки на эти таблицы или иллюстрации. Таблицы и иллюстрации нумеруются последовательно арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать рисунки и таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы (рисунка) состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

*Оформление литературы:*  
Каждый источник должен содержать следующие обязательные реквизиты:  
- фамилия и инициалы автора;  
- наименование;  
- издательство;  
- место издания;  
- год издания.  
Все источники, включенные в библиографию, должны быть последовательно пронумерованы и расположены в следующем порядке:  
- законодательные акты;  
- постановления Правительства;  
- нормативные документы;  
- статистические материалы;  
- научные и литературные источники – в алфавитном порядке по первой букве фамилии автора.

В конце работы размещаются приложения. В тексте на все приложения должны быть даны ссылки. Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его номера. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

**Критерии оценки:**

* оценка «отлично» (15 -13 баллов) выставляется студенту, если при подготовке темы реферата выполнены все требования, предъявляемые к рефератам, общее количество источников превышает 10, включая источники на иностранном языке, при собеседовании студент отлично ориентируется в теме реферата.
* оценка «хорошо» (12 - 11 баллов) – если при подготовке темы реферата требования, предъявляемые к рефератам, выполнены частично: объем менее 15 страниц, или большое количество работ старше 3-х лет, или список использованных источников оформлен не по ГОСТ, или отсутствуют ссылки, при собеседовании студент ориентируется в теме реферата.
* оценка «удовлетворительно» (10 - 7 баллов) –  если при подготовке темы реферата требования, предъявляемые к рефератам, выполнены с большими отступлениями или полностью нарушены: объем менее 15 страниц, практически все работы старше 3-х лет, список использованных источников оформлен не по ГОСТ, отсутствуют ссылки, при собеседовании студент слабо ориентируется в теме реферата.
* оценка «не удовлетворительно» (менее 7 баллов) –  если при подготовке темы реферата требования, предъявляемые к рефератам, выполнены с большими отступлениями или полностью нарушены: объем менее 15 страниц, приведенная информация не выходит за рамки практических занятий, практически все работы старше 3-х лет, список использованных источников оформлен не по ГОСТ, отсутствуют ссылки, при собеседовании студент не ориентируется в теме реферата, не может ответить ни на один вопрос по теме реферата.

## Лабораторные работы №№ 1–4 (выполнение, подготовка отчёта, защита отчёта)

## 1. Тематика лабораторных работ

*Лабораторная работа 1. Реализация квантового оптического вентиля Not и CNOT*

Лабораторная работа 1 посвящена изучению принципов работы М-схемы, реализующей квантовые оптические вентили NOT и CNOT. В процессе выполнения данной лабораторной работы студент осуществляет выбор свободных параметров алгоритма для получения требуемых результатов работы схемы.

*Лабораторная работа 2. Реализация квантового оптического вентиля CCNOT*

Лабораторная работа 2 посвящена изучению принципов работы М-схемы, реализующей квантовый оптический вентиль CCNOT. В процессе выполнения данной лабораторной работы студент осуществляет выбор свободных параметров алгоритма для получения требуемых результатов работы схемы.

*Лабораторная работа 3. Элементарные квантовые алгоритмы. Однокубитовые квантовые схемы*

Лабораторная работа 3 посвящена изучению работы квантовых логических алгоритмов X, Z и H. В процессе выполнения данной лабораторной работы студент прогнозирует результаты виртуального эксперимента и сравнивает результаты теоретических и экспериментальных расчетов. Студент получает навыки в распознавании неизвестного однокубитового квантового логического алгоритма. Также лабораторная работа посвящена изучению работы квантовых логических схем, составленных из элементов алгоритмов X, Z и H. В процессе выполнения данной лабораторной работы студент прогнозирует результаты виртуального эксперимента и сравнивает результаты теоретических и экспериментальных расчетов.

*Лабораторная работа 4. Двухкубитовые квантовые схемы. Квантовый алгоритм Гровера*

Лабораторная работа 4 посвящена изучению работы квантовых логических схем, составленных из элементов алгоритмов CNOT, X, Z и H. В процессе выполнения данной лабораторной работы студент прогнозирует результаты виртуального эксперимента и сравнивает результаты теоретических и экспериментальных расчетов. Также лабораторная работа 2 посвящена изучению работы квантовой логической схемы, реализующей алгоритм Гровера. В процессе выполнения данной лабораторной работы студент осуществляет выбор свободных параметров алгоритма для получения требуемых результатов работы схемы.

**2. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ**

Лабораторные работы проводятся в аудитории, оборудованной в соответствии с п.п. 7.1 и 7.2. Рабочей программы дисциплины. Основанием для допуска к лабораторной работе являются:

1. знания теоретического материала и методических указаний, которые должна продемонстрировать бригада студентов в начале занятия.
2. отсутствие задолженностей по предыдущим лабораторным работам, если таковые проводились.

Процесс выполнения лабораторной работы документируется с помощью текстового редактора MS Word, полученные сведения служат основой для формирования отчета о выполнении лабораторной работы.

Защита отчета о выполнении лабораторной работы сопровождается демонстрацией полученных результатов, теоретических знаний и ответов на дополнительные вопросы преподавателя по теме занятия.

В процессе подготовки и выполнения лабораторных работ студент руководствуется учебной и методической литературой, указанной в п. 6 Рабочей программы дисциплины.

**3. Критерии оценки:**

**оценка** (5 балла) выставляется студенту, если он своевременно выполнил все задачи, предусмотренные в лабораторной работе, подготовил отчет в соответствии с требованиями преподавателя и в процессе защиты продемонстрировал полноту теоретических знаний в объеме содержания учебной дисциплины, относящейся к лабораторной работе. Сумел ответить на дополнительные вопросы, связанные не только с процессом выполнения лабораторной работы, но и с пониманием совершенных действий и решенных задач.

**оценка** (4 балла)выставляется студенту, если он выполнил все задачи, предусмотренные в лабораторной работе, подготовил отчет в соответствии с требованиями преподавателя и в процессе защиты продемонстрировал наличие достаточных теоретических знаний в объеме содержания учебной дисциплины, относящейся к лабораторной работе. Сумел ответить на вопросы, связанные с процессом выполнения лабораторной работы.

**оценка** (3 балла) выставляется студенту, если он более чем на половину выполнил поставленные в лабораторной работе задачи, способен ответить на вопросы, касающиеся теоретической составляющей в объеме содержания учебной дисциплины, относящейся к лабораторной работе.

**оценка** (0 баллов) выставляется студенту, при невыполнении требований, предусмотренных в случае удовлетворительной оценки.

## Экзаменационные вопросы и билеты

**1.Тематика вопросов по модулям**

**Модуль 1:** *Организация квантового компьютера. Основы квантовых вычислений.*

1. Квантовая информатика.
2. Энтропия Шеннона.
3. Энтропия фон Неймана.
4. Энтропия Холево.
5. Представление квантовой обработки информации через бра- и кет- вектора.
6. Представление квантовой обработки информации через матрицы плотности.
7. Приведите основные алгоритмы теории квантовых вычислений.
8. Приведите перспективные методики моделирования квантовых вычислений.
9. Опишите основы программирования квантовых вычислителей.
10. Организация квантового компьютинга.
11. Краткая история теории квантовых вычислений.
12. Ограничения, налагаемые на классические компьютеры при решении задач. Идея квантового компьютера (КК).
13. Представление о сложности алгоритмов.
14. Схемы работы КК. Основные этапы работы КК. Требования, предъявляемые к конструкции КК.
15. Проблемы, стоящие перед разработчиками КК.
16. Задачи, для решения можно применять КК.
17. Возможные конструкции квантовых компьютеров.
18. Основы теории классических вычислений. Машина Тьюринга.
19. Основы теории классических вычислений. Основной постулат (тезис Черча).
20. Основные понятия алгебры логики и логические вентили (гейты).
21. Типовые операторы. (Формальный аппарат: описание регистра и вычисления в виде формул).
22. Обратимые логические гейты (инверсия, контролируемая инверсия).
23. Обратимые логические гейты (гейт Тоффоли, гейт Фредкина).
24. Обратимые логические гейты (борьба с ”мусорными” битами).
25. Универсальный квантовый компьютер. Требования, предъявляемые к квантовому компьютеру.
26. Принципиальная схема квантового компьютера (Валиев).
27. Кубит и его динамика.
28. Логические однокубитовые гейты. Гейт Адамара.
29. Контролируемые двухкубитовые квантовые гейты.
30. Универсальные квантовые гейты.

**Модуль 2:** *Квантовые алгоритмы. Моделирование квантовых компьютеров.*

1. Перечислите методы моделирования вычислительных систем.
2. Классификация квантовых алгоритмов. Оценка эффективности.
3. NP-алгоритмы. Оценка эффективности.
4. Невозможность клонирования кубита.
5. Состояния Белла. Формирование запутанного состояния.
6. Плотное кодирование.
7. Квантовая телепортация.
8. Квантовый параллелизм. Гейты Уолша-Адамара.
9. Понятие квантового алгоритма. Классификация квантовых алгоритмов. Квантовый оракул.
10. Квантовый алгоритм Дойча (Deutsch). Алгоритм Дойча-Джозса (Deutsch-Jozsa).
11. Квантовый алгоритм нахождения периода функции.
12. Квантовый алгоритм вычисления дискретного логарифма.
13. Квантовый алгоритм, реализующий аналог двоичного устройства: полусумматор.
14. Квантовый алгоритм, реализующий аналог двоичного устройства: сумматор.
15. Квантовый алгоритм, реализующий аналог двоичного устройства: дешифратор.
16. Квантовые схемы. Способы описания квантовых схем.
17. Квантовая машина Тьюринга.
18. Поисковый алгоритм Гровера.
19. Алгоритм факторизации Шора.
20. Математическое моделирование квантовых вычислений: матричные модели.
21. Алгоритмы для имитации квантового компьютера.
22. Способ имитации квантового компьютера.
23. Имитация квантовых преобразований.
24. Имитация измерений квантовых регистров.
25. Язык для представления квантовых алгоритмов.
26. Языки моделирования двойного назначения.

**2. Критерии оценки:**

* оценка (40 – 34 балла) выставляется студенту, если при ответе на вопросы билета и на дополнительные уточняющие вопросы по теме билета студент ответил на все вопросы. Допускаются незначительные неточности в ответах;
* оценка (33– 28 баллов) – если при ответе на вопросы билета и на дополнительные уточняющие вопросы по теме билета студент ответил не на все, но на большую часть вопросов. Присутствуют ошибки в ответах на вопросы, но имеет место твердое понимания сути вопросов;
* оценка (27 – 22 балла) – если при собеседовании студент отвечает не уверенно, запинаясь, но тем не менее хотя бы на один вопрос билета и три уточняющих вопроса дает правильные ответы;
* оценка (менее 22 баллов) – если студент не ответил ни на один вопрос по билету.

**Форма экзаменационного билета**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования

«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №**

По дисциплинеКвантовая обработка информации

Структурное подразделение: Институт компьютерных технологий и

информационной безопасности

Направление подготовки: 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Магистерская программа: «Высокопроизводительные вычислительные системы и квантовая обработка информации»

1. Квантовый бит и квантовый регистр.
2. Математическое моделирование квантовых вычислений: матричные модели.