

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Тагорский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Квантовые вычисления и связь Б1.В.ДВ.2

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая радиофизика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Егоров А.В.

**Рецензент(ы):**

Шерстюков О.Н.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров М. С.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6145417

Казань

2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Егоров А.В. Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии Отделение радиофизики и информационных систем, Alexander.Egorov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является изучение основ квантовых вычислений и связи

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.2 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.04.03 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Дисциплина "Квантовые вычисления и связь" относится к дисциплинам направления. Она имеет как фундаментальное, так и прикладное значение в системе радиофизического образования.

Эта дисциплина связана со следующими дисциплинами: "компьютерные технологии в науке и образовании" и "введение в высокопроизводительные вычислительные системы".

Предполагается знание студентами нерелятивистской квантовой механики и линейной алгебры.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основы квантовой теории информации и квантовые алгоритмы

2. должен уметь:

использовать квантовые операции для создания элементарных алгоритмов

3. должен владеть:

знаниями о применении квантовых алгоритмов для решения практических задач

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Самостоятельно углублять свои знания в области квантовых вычислений и криптографии

### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Элементы теории информации	3	1-4	4	4	0	Письменная работа
2.	Тема 2. Основные квантовые логические операции	3	5-8	4	4	0	Письменная работа
3.	Тема 3. Основные квантовые алгоритмы	3	9-14	6	6	0	Реферат
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	Зачет
	Итого			14	14	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Элементы теории информации

###### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Классическая информация. Энтропия и информация. Взаимная и условная энтропия.

Квантовая информация. Матрица плотности и энтропия фон Неймана. Условная и взаимная энтропии. Перепутанные состояния.

###### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Рассмотреть квантовую цепь, реализующую состояния Белла. Записать матрицу преобразования. Показать, что она унитарна.

##### Тема 2. Основные квантовые логические операции

###### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Однокубитовые операции. Двухкубитовые операции. Оператор CNOT. Оператор контролируемого изменения фазы. Оператор обмена состояниями кубитов SWAP. Многокубитовый оператор Адамара.

###### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Изобразить квантовую цепь, реализующую квантовое преобразование Фурье для трех кубит. Записать матрицу унитарного преобразования.

##### Тема 3. Основные квантовые алгоритмы

###### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Как приготовить запутанное состояние? Алгоритм распознавания функций (алгоритм Дойча). Квантовая телепортация. Основной алгоритм. О невозможности подслушивания. Плотное кодирование. Однобитная телепортация. Обмен перепутывания. Алгоритм Шора. Алгоритм Гровера. Исправление ошибок при передаче по квантовому каналу. Понятие о квантовой криптографии.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Использовать алгоритм Евклида для нахождения наибольшего общего делителя чисел, указанных преподавателем.

#### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Элементы теории информации	3	1-4	подготовка к письменной работе	6	письменная работа
				подготовка к устному опросу	6	устный опрос
2.	Тема 2. Основные квантовые логические операции	3	5-8	подготовка к письменной работе	6	письменная работа
				подготовка к устному опросу	6	устный опрос
3.	Тема 3. Основные квантовые алгоритмы	3	9-14	подготовка к реферату	20	реферат
	Итого				44	

#### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекционные и практические занятия проводятся с использованием мультимедийного комплекса, позволяющего наглядно получать студентам всю необходимую информацию. Занятия проводятся в интерактивной форме, позволяющей студентам лучше усваивать материал. Качество обучения достигается за счет использования следующих форм учебной работы: лекции, практические занятия.

#### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

##### Тема 1. Элементы теории информации

письменная работа , примерные вопросы:

Рассмотреть квантовую цепь, реализующую состояния Белла. Записать матрицу преобразования. Показать, что она унитарна.

устный опрос , примерные вопросы:

Проработка материалов лекций и упражнений раздела.

##### Тема 2. Основные квантовые логические операции

письменная работа , примерные вопросы:

Изобразить квантовую цепь, реализующую квантовое преобразование Фурье для трех кубит. Записать матрицу унитарного преобразования.

устный опрос , примерные вопросы:

Проработка материалов лекций и упражнений раздела.

### **Тема 3. Основные квантовые алгоритмы**

реферат , примерные темы:

тема реферата: о реализации квантового компьютера.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачету.

1. Матрица плотности и энтропия фон Неймана.
2. Условная и взаимная энтропии.
3. Перепутанные состояния.
4. Однокубитовые операции.
5. Двухкубитовые операции.
6. Многокубитовый оператор Адамара.
7. Алгоритм распознавания функций (алгоритм Дойча).
8. Квантовая телепортация.
9. Алгоритм Шора.
10. Алгоритм Гровера.
11. Понятие о квантовой криптографии.

#### **7.1. Основная литература:**

1. Давыдов А. С. Квантовая механика: учеб. пособие. 3 изд., стереотипное. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 704 с.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=351130>
2. Защита информации: Учебное пособие / А.П. Жук, Е.П. Жук, О.М. Лепешкин, А.И. Тимошкин. - 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 392 с  
<http://znanium.com/bookread.php?book=474838>
3. Игнатов, А. Н. Нанoeлектроника. Состояние и перспективы развития [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Н. Игнатов. М. : ФЛИНТА, 2012. 360 с.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=455222>

#### **7.2. Дополнительная литература:**

1. А.С. Холево. Введение в квантовую теорию информации. М., МЦНМО, 2002.
2. М. Нильсен, И. Чанг. Квантовые вычисления и квантовая информация. М., Мир, 2006.
3. К.А. Валиев, А.А. Кокин. Квантовые компьютеры: надежды и реальность. Ижевск, РХД, 2001
4. С.Я. Килин. Квантовая информация. УФН, 1999, ♦5, т.169, с.507-526.
5. М.Б. Менский. Квантовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов. УФН, 2000, ♦6, т.170, с.631-648.

#### **7.3. Интернет-ресурсы:**

казанский университет - [www.kpfu.ru](http://www.kpfu.ru)  
научная поисковая система - [www.scopus.com](http://www.scopus.com)  
О квантовых компьютерах и квантовых вычислениях - [aakokin.chat.ru/qc.htm](http://aakokin.chat.ru/qc.htm)  
свободная энциклопедия - [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)  
электронная библиотека - [www.ekniga.ru](http://www.ekniga.ru)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Квантовые вычисления и связь" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.04.03 "Радиопизика" и магистерской программе Квантовая радиопизика .

Автор(ы):

Егоров А.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Шерстюков О.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.