

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной деятельности КФУ

Проф. Д.К. Нургалиев



20/14 г.

Программа дисциплины

Б1.В.ДВ.1. Квантовая информатика

Направление подготовки: 09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль) подготовки: 05.13.01 Системный анализ, управление и
обработка информации

Квалификация выпускника: «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения: очная

Язык обучения: русский

Казань

2014

Аннотация

1. Цели освоения дисциплины Изучение дисциплины «Квантовая информатика» преследует целью ознакомление с новейшими тенденциями в области информатики и компьютерных наук, связанными с построением и анализом различных моделей для обработки и передачи информации, функционирование которых основано на законах квантовой механики, а также изучение эффективных квантовых алгоритмов для решения задач, для которых на сегодняшний день эффективных классических алгоритмов неизвестно.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры Курс «Квантовая информатика» входит в блок дисциплин по выбору, рассчитан на 18 часов лекционных, 18 часов практических занятий и 72 часа самостоятельной работы. В курсе рассматриваются история зарождения квантовой информатики, приводятся необходимые определения и понятия, опирающиеся на постулаты квантовой механики, детально рассматриваются известные квантовые алгоритмы обработки и передачи информации, демонстрирующие мощь квантовых вычислений по сравнению с классическими. По окончании курса студент должен владеть основными понятиями квантовой информатики: понятием кубита, квантовой суперпозиции, квантовой системы, квантовых преобразований и измерения квантовой системы, знать основные законы квантовых вычислений, ориентироваться в рассмотренных квантовых алгоритмах преобразования и обработки информации.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) в соответствии с ФГОС ВО программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Знать: историю зарождения квантовой информатики и состояние развития данной области информатики на сегодняшний день;

Уметь: объяснять с математической точки зрения такие явления квантовой механики, как телепортация, запутанность состояний, невозможность копирования квантового состояния, квантовый параллелизм, и т.д.

Владеть: основными понятиями квантовой информатики, такими, как понятие кубита, преобразования квантовой системы, измерения квантовой системы;

Демонстрировать способность и готовность: применять полученные знания на практике

В результате освоения дисциплины формируются компетенции:

Универсальные:

способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

Профессиональные:

способность к организации и проведению научно-исследовательской деятельности в профессиональной области, в том числе руководству научно-исследовательской работой студентов (ПК-1);

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы 108 часов. (лек-

ции 18 ч., практика 18 ч., самостоятельная работа 72 ч.).

№	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
1	Введение. История возникновения квантовых вычислений.	4	1	6	собеседование
2	Основные понятия квантовых вычислений	4	1	4	собеседование
3	Основные постулаты квантовой механики.	4	2	6	собеседование
4	Определение запутанных квантовых состояния, примеры. EPR- парадокс.	4	2	4	собеседование
5	Квантовая криптография.	4	3	10	собеседование
6	Квантовые гейты.	4	3	4	собеседование
7	Массивы квантовых гейтов. Квантовые схемы.	4	4	4	собеседование
8	Плотное квантовое кодирование. Телепортация.	4	5	4	собеседование
9	Простейшие квантовые алгоритмы: алгоритм Дойча, алгоритм Дойча-Джозса, алгоритм Бернштейна-Вазирани.	4		4	собеседование
10	Алгоритм Саймона.	4	7	4	собеседование
11	Алгоритм Гровера поиска в неупорядоченной базе данных.	4	8	6	собеседование
12	Квантовое преобразование Фурье.	4	9	6	собеседование
13	Задача факторизации числа. Классический алгоритм. Квантовый алгоритм Шора.	4	10	8	собеседование
14	Устойчивость квантовых вычислений. Квантовое исправление ошибок.	4	11	10	собеседование
15	Квантовые и классические	4	12	6	собеседование

	классы сложности.				
16	Определение квантового конечного автомата. Распознавание языков квантовыми конечными автоматами.	4	13	10	собеседование
17	Определение квантовой бинарной программы. Вычислений функций квантовыми ветвящимися программами.	4	14	4	собеседование
18	Сравнение квантовых и классических ветвящихся программ	4	15	8	зачет

5. Образовательные технологии

Обучение происходит в форме практических занятий, а также самостоятельной работы аспирантов. Рекомендуется предлагать к выполнению упражнения по теме занятия для самостоятельного выполнения с целью более глубокого закрепления и понимания материала. Если упражнения предлагаются для самостоятельного выполнения дома, то необходимо в начале следующего занятия уделить время для разбора упражнения и проверки правильности его выполнения. Целесообразно в ходе обсуждения решения задачи задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения уровня усвоения теоретических аспектов обсуждаемых проблем. Следует поощрять выступления с места в виде кратких дополнений и вопросов к выступающим и преподавателю. Рекомендуется привлекать аспирантов к активному участию в проведении занятия, предлагая к самостоятельному доказательству несложные утверждения и давая подсказку в случае затруднения. Также рекомендуется отмечать посещаемость занятий.

Проводить групповые и индивидуальные консультации аспирантов по вопросам, возникающим у них в ходе их подготовки к аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу. Кроме того, рекомендуется предлагать для самостоятельного доказательства некоторые частные утверждения, способствующие более глубокому пониманию изучаемой темы и развитию абстрактного мышления.

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

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО КУРСУ

Тема 1. Математические основы квантовой информатики. Гильбертово пространство, линейные преобразования, унитарные оператор и его свойства, оператор проекции и его свойства. Выполнение упражнений на отработку правильного понимания и умения манипулировать основными понятиями линейной алгебры, используемые в квантовой информатике.

Тема 2. Основные понятия: квантовый бит, квантовый регистр, квантовая суперпози-

ция, квантовая система, проективное измерение. Основные постулаты квантовой механики. Квантовые преобразования, унитарные матрицы, теорема о неклонировании, запутанные состояния. Выполнение упражнений, контролирующих правильность понимания основных понятиями квантовой информатики (кубит, квантовое состояние, квантовое преобразование, измерение и т. д.) и умение манипулировать данными понятиями. Например, проверить унитарность матрицы, построить унитарную матрицу, проверить квантовое состояние на запутанность и т. д.

Тема 4. Квантовые преобразования, квантовые гейты, квантовые схемы. Выполнение упражнений на построение и манипуляцию простейших квантовых схем.

Тема 5. Квантовая криптография. Проверка домашнего задания, примерные вопросы: Провести анализ квантовых протоколов распределения ключа.

Тема 6. Плотное квантовое кодирование. Телепортация. Проверка домашнего задания, примерные вопросы: Провести анализ квантовых алгоритмов, использующих запутанные состояния.

Тема 7. Квантовое и классическое преобразование Фурье. Проверка домашнего задания, примерные вопросы: Классическое преобразование Фурье, быстрое преобразование Фурье, квантовое преобразование Фурье. Провести их сравнительный анализ.

Тема 8. Квантовые алгоритмы: алгоритм Гровера, алгоритм Саймона, алгоритм Вазирани, телепортация, плотное кодирование. Проверка домашнего задания. Примерные варианты заданий, построить квантовый алгоритм, использующий идеи изученных квантовых алгоритмов: алгоритма Гровера, алгоритма Саймона, алгоритма Вазирани, телепортации, плотного кодирования.

Тема 9. Алгоритм Шора факторизации чисел. Проверка домашнего задания, примерные вопросы: Факторизация числа. Классические и квантовый алгоритмы. Провести их сравнительный анализ.

Тема 10. Квантовые конечные автоматы. Распознавание языков. Построение эффективных квантовых автоматов. Проверка домашнего задания. Примерный вариант задания: построить квантовый автомат для конкретного языка. Оценить его сложность. Оценить вероятность ошибки.

Тема 11. Квантовые ветвящиеся программы. Построение эффективных квантовых ветвящихся программ.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА АСПИРАНТОВ (СРА) включает следующие виды работ:

Проработку лекционного материала, выполнение домашних заданий, изучение дополнительной литературы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература

1. Аблаев Ф. М., Васильев А. В. Классические и квантовые ветвящиеся программы. Казанский (Приволжский) федеральный университет: Институт вычислительной математики и информационных технологий, Кафедра теоретической кибернетики, 2010. http://libweb.ksu.ru/ebooks/09-IVMIT/09_62_2010_000088.pdf

2. Перри Р. Элементарное введение в квантовые вычисления: [учебное пособие] / Р.

Перри; пер. с англ. А. Д. Калашникова. – Долгопрудный : Интеллект, 2015 . – 203 с. : ил., портр.; 21 . – Загл. и авт. ориг.: Quantum Computing from the Ground Up / Riley Tipton Perry. – Библиогр.: 201–203 (40 назв.).

Дополнительная литература:

1. Классические и квантовые вычисления / А. Китаев, А. Шень, М. Вялый.– М. : МЦНМО: ЧеРо, 1999. – 191 с.

2. М. Нильсен, И. Чанг. Квантовые вычисления и квантовая информация. – М : Мир, 2006. – 824 с.

3. Ш. Имре, Ф. Балаж Квантовые вычисления и связь. Инженерный подход: перевод с английского / Ш. Имре, Ф. Балаж ; Пер. А. А. Калачева, Т. Г. Митрофановой, С. В. Петрушкина; Под ред. В. В. Самарцева. – М.: Физматлит, 2008. – 320 с.

4. Хренников, А. Ю. Введение в квантовую теорию информации [Электронный ресурс] / А.Ю. Хренников. – М.: Физматлит, 2008. – 284 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2176

Программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Интернет-портал образовательных ресурсов КФУ – <http://www.kfu-elearning.ru/> Интернет-

портал образовательных ресурсов по ИТ – <http://algolist.manual.ru> Интернет-портал по математическим наукам – <http://www.mathnet.ru>

Интернет-портал ресурсов по математике – <http://www.allmath.com/>)

Интернет-портал ресурсов по математическим наукам – <http://www.math.ru/>)

Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Электронная библиотечная система «znanium.com»

Электронная библиотечная издательства «Лань»

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО аспирантуры (Приказ Минобрнауки РФ от 30.07.2014 № 866)

Автор: к.ф.-м.н., доцент Гайнутдинова А.Ф.

Рецензенты: д.ф.-м.н., профессор Аблаев Ф.М.

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии Института математики и механики КФУ от 29 августа 2014 года, протокол № 7.