

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной деятельности КФУ

Проф. Д.К. Нурғалиев



23 сентября 2015 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
2015

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 2015 года, протокол № 11.