

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Проф. Д.А. Таюрский

» 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Квантовые модели вычислений

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) заместитель директора по научной деятельности Гайнутдинова А.Ф. (Директорат Института ВМ и ИТ, Институт вычислительной математики и информационных технологий), Aida.Gainutdinova@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-10	Готовность применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов
ПК-12	Способность самостоятельно изучать новые разделы фундаментальной математики

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

историю зарождения квантовой информатики и состояние развития данной области информатики на сегодняшний день, основные законы квантовых вычислений, определения различных квантовых моделей вычислений (машин Тьюринга, автоматов, схем из функциональных элементов); то, каким образом производится обработка входных слов и распознавание языков в данных моделях;

Должен уметь:

ориентироваться в области квантовых вычислений, и в том, где и каким образом применяются знания из этой области, - в рассмотренных алгоритмах квантовых вычислений, демонстрирующих эффективность квантовых вычислителей по сравнению с классическими, объяснять с математической точки зрения такие явления квантовой механики, как телепортация, запутанность состояний, квантовая передача кода, квантовый параллелизм, и т.д.

Должен владеть:

основными понятиями квантовой информатики, такими, как понятие кубита, преобразований и измерения квантовой системы; приемами и методами построения эффективных квантовых моделей.

Должен демонстрировать способность и готовность:

готовность и способность применять полученные знания на практике.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.12 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.04 "Прикладная математика (не предусмотрено)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

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

Контактная работа - 40 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 40 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 32 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. История возникновения квантовых вычислений.	8	0	0	2	2
2.	Тема 2. Основные понятия квантовых вычислений	8	0	0	2	1
3.	Тема 3. Основные постулаты квантовой механики.	8	0	0	2	1
4.	Тема 4. Определение запутанных квантовых состояния, примеры. EPR- парадокс.	8	0	0	2	1
5.	Тема 5. Квантовая криптография.	8	0	0	2	4
6.	Тема 6. Квантовые гейты.	8	0	0	2	1
7.	Тема 7. Массивы квантовых гейтов. Квантовые схемы.	8	0	0	2	1
8.	Тема 8. Плотное квантовое кодирование. Телепортация.	8	0	0	2	1
9.	Тема 9. Простейшие квантовые алгоритмы: алгоритм Дойча, алгоритм Дойча-Джозса, алгоритм Бернштейна-Вазирани.	8	0	0	2	1
10.	Тема 10. Алгоритм Саймона.	8	0	0	2	1
11.	Тема 11. Алгоритм Гровера поиска в неупорядоченной базе данных.	8	0	0	2	2
12.	Тема 12. Квантовое преобразование Фурье.	8	0	0	2	1
13.	Тема 13. Задача факторизации числа. Классический алгоритм. Квантовый алгоритм Шора.	8	0	0	2	2
14.	Тема 14. Устойчивость квантовых вычислений. Квантовое исправление ошибок.	8	0	0	2	4
15.	Тема 15. Квантовые и классические классы сложности.	8	0	0	4	1
16.	Тема 16. Определение квантового конечного автомата. Распознавание языков квантовыми конечными автоматами.	8	0	0	2	1
17.	Тема 17. Определение квантовой бинарной программы. Вычислений функций квантовыми ветвящимися программами.	8	0	0	2	1
18.	Тема 18. Сравнение квантовых и классических ветвящихся программ	8	0	0	2	1
19.	Тема 19. Квантовая коммуникационная модель вычислений.	8	0	0	1	1
20.	Тема 20. k-partition квантовая коммуникационная модель.	8	0	0	1	4
	Итого		0	0	40	32

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение. История возникновения квантовых вычислений.

В данной теме обсуждается история зарождения квантовых вычислений начиная с 80-х годов XX века, а также современное состояние в области квантовой информатики. Излагаются перспективы развития данной области. Отдельно обсуждаются области применения квантовых вычислений, такие, как криптография, обработка больших данных, задачи поиска и т.д. Обсуждаются основные отличия квантовых вычислений от классических.

Тема 2. Основные понятия квантовых вычислений

Основные понятия квантовых вычислений: кубит, квантовая система, квантовое преобразование, квантовое измерение. Математический аппарат квантовых вычислений: линейные преобразования, унитарные преобразования, норма вектора, свойства унитарных преобразований, декартово и тензорное произведение векторов и матриц, и т.д.

Тема 3. Основные постулаты квантовой механики.

Основные постулаты квантовой механики. Квантовая система. Составная квантовая система, объединенная квантовая система. Состояние квантовой системы. Эволюция квантовой системы. Квантовое измерение. Теорема неклонирования. Основной математический аппарат, используемый в теории квантовых вычислений.

Тема 4. Определение запутанных квантовых состояний, примеры. EPR- парадокс.

Запутанные состояния, история открытия. Два различных определения запутанных квантовых состояний - через разложимость квантовой системы и через измерение квантовой системы. Примеры запутанных квантовых состояний с обоснованием. EPR- парадокс. Использование эффекта entanglement в квантовых вычислениях.

Тема 5. Квантовая криптография.

Классическая криптография и ее основные понятия. Симметричное и асимметричное шифрование. Задача распределения ключа в криптографии. Квантовая криптография. Протоколы квантового распределения ключа. Протокол BB84. Обоснование стойкости протокола. Квантовые атаки. Понятие постквантовой криптографии.

Тема 6. Квантовые гейты.

Классические гейты. Полная система классических гейтов. Квантовые гейты, их определение, отличие от классических гейтов. Простейшие однокубитные, двухкубитные, трехкубитные гейты. Контролируемые квантовые гейты. Преобразование Адамара и Уолша-Адамара. Их роль. Универсальные квантовые гейты с доказательством их универсальности.

Тема 7. Массивы квантовых гейтов. Квантовые схемы.

Определение классической схемы как модели без памяти. Сложностные характеристики классической схемы: сложность схемы и глубина схемы. Квантовые схемы, их определение. Основные отличия квантовых и классических схем. Сложностные характеристики квантовых схем. Построение простейших квантовых схем.

Тема 8. Плотное квантовое кодирование. Телепортация.

Простейшие квантовые алгоритмы: алгоритм телепортации, алгоритм плотного кодирования, алгоритм Дойча. Реализация данных алгоритмов на языке схем. Роль запутанных состояний в рассматриваемых алгоритмах. Сложность. Сравнительный сложностной анализ квантовых алгоритмов и классических алгоритмов. для решения данных задач.

Тема 9. Простейшие квантовые алгоритмы: алгоритм Дойча, алгоритм Дойча-Джозса, алгоритм Бернштейна-Вазирани.

Рассматриваются простейшие квантовые алгоритмы, которые демонстрируют мощь квантовых вычислений, алгоритмы Дойча и алгоритм Дойча-Джозса. Приводится реализация данных алгоритмов на языке схем. Сложность решения данных задач классическими вычислительными моделями. Сложность квантового алгоритма. Сравнение с классическими алгоритмами решения задачи (детерминированными и вероятностными). Значение алгоритмов Дойча и Дойча-Джозса.

Тема 10. Алгоритм Саймона.

Задача о нахождении периода функции, периодичной по модулю два. Алгоритм Саймона. Сложность решения задачи классическими алгоритмами (детерминированными и вероятностными). Квантовый алгоритм и его сложность. Реализация алгоритма на языке квантовых схем. Сравнение с классическими алгоритмами решения задачи (детерминированными и вероятностными).

Тема 11. Алгоритм Гровера поиска в неупорядоченной базе данных.

Задача поиска в неупорядоченной базе данных. Классические алгоритмы решения задачи поиска в неупорядоченной базе данных (детерминированные и вероятностные). Их сложность. Квантовый алгоритм Гровера в неупорядоченной базе данных. Основные этапы алгоритма. Анализ сложности алгоритма Гровера. Использование алгоритма Гровера для решения других задач.

Тема 12. Квантовое преобразование Фурье.

Классическое преобразование Фурье и алгоритмы его вычисления. Классический алгоритмы преобразования Фурье. Алгоритм быстрого преобразования Фурье его реализация. Сложность классических алгоритмов преобразования Фурье. Квантовое преобразование Фурье и его сравнение с классическим преобразованием Фурье. Сложность квантовых и классических алгоритмов.

Тема 13. Задача факторизации числа. Классический алгоритм. Квантовый алгоритм Шора.

Понятие односторонней функции и их значение для криптографии. Задача умножения как пример условно односторонней функции. Задача факторизации. Классические алгоритмы факторизации (детерминированные, вероятностные), их сложность. Квантовый алгоритм Шора факторизации числа и нахождения периода. Анализ алгоритма Шора. Применение алгоритма Шора к криптографии.

Тема 14. Устойчивость квантовых вычислений. Квантовое исправление ошибок.

Понятие устойчивости вычислений. Методы исправления ошибок в классических вычислениях. Причины возникновения квантовых ошибок. Отличие квантовых ошибок от классических. Устойчивость квантовых вычислений. Квантовое исправление ошибок. Отличие квантовых ошибок от классических. Методы коррекции квантовых ошибок. Примеры.

Тема 15. Квантовые и классические классы сложности.

Понятия вычислимости и сложности. Тезис Черча, Черча-Тьюринга. Определение машины Тьюринга, Понятие временной и пространственной меры сложности, их соотношения. Определение классических классов сложности. Их соотношения. Открытые проблемы. Квантовые классы сложности. Их место в иерархии сложности классов.

Тема 16. Определение квантового конечного автомата. Распознавание языков квантовыми конечными автоматами.

Определение классического конечного автомата. Класс языков, распознаваемых классическими конечными автоматами (детерминированными, недетерминированными, вероятностными). Определение квантового конечного автомата. Распознавание языков квантовыми конечными автоматами. Различные модели квантовых конечных автоматов, их сравнение. Класс языков, распознаваемых квантовыми конечными автоматами. Сравнение квантовых, детерминированных и вероятностных автоматов. Сложность распознавания языка квантовыми автоматами. Эффективные квантовые автоматы. Методы построения эффективных квантовых автоматов на примере автоматов, распознающих функции MODp, EQ.

Тема 17. Определение квантовой бинарной программы. Вычислений функций квантовыми ветвящимися программами.

Определение классической ветвящейся программы. Длина, ширина и сложность ветвящейся программы. Определение квантовой ветвящейся программы. Отличие квантовой модели от классической. Вычислений функций квантовыми ветвящимися программами. Сравнительный сложностной анализ квантовых и классических ветвящихся программ.

Тема 18. Сравнение квантовых и классических ветвящихся программ

Сложность вычисления функций классическими и квантовыми ветвящимися программами. Критерии вычисления функция ветвящимися программами: вычисление без ошибки, вычисление с ограниченной ошибкой, с неограниченной ошибкой, недетерминированное вычисление функций. Примеры функций, демонстрирующих вычислительную мощь квантовых ветвящихся программ. Классические и квантовые ветвящиеся программы константной ширины.

Тема 19. Квантовая коммуникационная модель вычислений.

Классическая коммуникационная модель. Основные понятия: односторонний, двусторонний коммуникационный протокол, сложность протокола. Квантовая коммуникационная модель вычислений, ее отличие от классической модели. Примеры эффективных алгоритмов для квантовой коммуникационной модели. Протоколы, использующие запутанность квантовых состояний.

Тема 20. k-partition квантовая коммуникационная модель.

Различные разновидности коммуникационной модели вычислений: однораундовые вычисления, многораундовые вычисления, модель с двумя и более участниками. k-partition квантовая коммуникационная модель. Использование запутанности в алгоритмах для квантовой коммуникационной модели. Пример протокола, основанного на использовании запутанных квантовых состояний.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

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/>

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы.

Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

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/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	В курсе 'Квантовые модели вычислений' рассматривается история зарождения квантовых вычислений; приводятся определения и понятия, используемые в квантовой информатике и опирающиеся на постулаты квантовой механики; обсуждаются основные законы квантовых вычислений; детально рассматриваются известные квантовые алгоритмы обработки и передачи информации, демонстрирующие мощь квантовых вычислительных моделей по сравнению с классическими.
самостоятельная работа	При самостоятельной работе и самостоятельном изучении и закреплении материала, пройденного под руководством преподавателя, рекомендуется обращать особое внимание на правильное понимание изучаемых понятий, при затруднениях обращаться к преподавателю с вопросами. Решение предлагаемых упражнений служат проверке правильности усвоения материала. При подготовке к устному опросу следует прочитать конспект лекций, при необходимости обратиться к литературе из списка основной и дополнительной литературы. Хорошему закреплению материала способствует систематическое выполнение домашних заданий и активная работа в классе.
зачет	Зачет проводится в устной форме. Билеты, предлагаемые на зачете, содержат 1. один теоретический вопрос по курсу прочитанных лекций 2. одну задачу, подобную тем, что рассматривались на занятиях. При изучении курса могут быть использованы учебные пособия (Гайнутдинова А.Ф. Основы квантовых вычислений. Учебное пособие. Казань: Изд-во КГУ. - 2009г. - 100с., Гайнутдинова А.Ф. Квантовые модели вычислений (учебное пособие) Казань: Отечество, 2016. - 104 с. 104 с.) . Также имеется Сборник задач и упражнения по курсу 'Основы квантовых вычислений'. Методическое пособие / А.Ф.Гайнутдинова. - Казань:Казан. Ун-т, 2014. - 28с. Разработанное учебное пособие и сборник задач может быть полезно как для бакалавров и магистров, слушающих курс лекций по квантовым вычислениям, так и аспирантов, ведущих исследования в области квантовой информатики.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.03.04 "Прикладная математика" и профилю подготовки "не предусмотрено".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.12 Квантовые модели вычислений

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Основная литература:

- 1.Марченков, С.С. Основы теории булевых функций [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.С. Марченков. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2014. - 136 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59714>
2. Байков, Ю.А. Квантовая механика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 294 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70719>

Дополнительная литература:

1. Хренников, А.Ю. Введение в квантовую теорию информации [Электронный ресурс] : учебник / А.Ю. Хренников. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2008. - 284 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2176>
2. Гольдин Л. Л. Квантовая физика. Вводный курс / Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. - Долгопрудный: Интеллект, 2016. - 480 с.: ISBN 978-5-91559-199-7 Режим доступа:<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=552465>
3. Бройль, Луи Луи де Бройль. Избранные научные труды. Т. 1. Становление квантовой физики: работы 1921 - 1934 годов [Электронный ресурс] / Луи де Бройль. - М.: Логос, 2010. - 556 с. - ISBN 978-5-98704-505-3. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=468215>

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.12 Квантовые модели вычислений

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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, учебно-методические комплексы, 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 образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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.