

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Татарский Да



20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Квантовые модели вычислений Б3.ДВ.1

Направление подготовки: 010400.62 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Математическая кибернетика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Гайнутдинова А.Ф.

Рецензент(ы):

Аблаев Ф.М. , Хадиев К.Р.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Аблаев Ф. М.

Протокол заседания кафедры № ____ от " ____ " 201 ____ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК № ____ от " ____ " 201 ____ г

Регистрационный № 984716

Казань
2016

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. Гайнутдинова А.Ф. кафедра теоретической кибернетики отделение фундаментальной информатики и информационных технологий , Aida.Gainutdinova@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Данный курс предназначен для студентов Института Вычислительной математики и информационных технологий КФУ, рассчитан на один семестр и включает лабораторные занятия. Целью данного курса является изучение основ квантовых вычислений, квантовых вычислительных моделей и эффективных квантовых алгоритмов. Курс направлен на расширение и углубление образования студентов в области компьютерных наук, формирования у них системного мышления путем изучения подходов в проблематике построения квантовых вычислительных моделей, понимания проблем и современного состояния предметной области, умения анализировать и самостоятельно приобретать и применять новые знания и умения, формирование у студентов профессиональных компетенций.

В курсе рассматривается история зарождения квантовых вычислений, вводятся необходимые определения и понятия, опирающиеся на постулаты квантовой механики, изучаются квантовые вычислительные модели, детально рассматриваются известные квантовые алгоритмы, демонстрирующие мощь квантовых вычислений по сравнению с классическими. По окончании курса студент должен владеть основными понятиями квантовой информатики, такими, как понятие кубита, преобразований и измерения квантовой системы, знать основные законы квантовых вычислений, ориентироваться в рассмотренных квантовых моделях.

Программа курса предусматривает практические занятия (40 часов) и самостоятельную работу студентов .

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.1 Профессиональный" основной образовательной программы 010400.62 Прикладная математика и информатика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Данная дисциплина относится к профессиональным дисциплинам.

Читается на 4 курсе 8 семестр для студентов, обучающихся по направлению "Прикладная математика и информатика".

Для усвоения материала данного курса студент должен прослушать курсы "Дискретная математика", "Информационная безопасность и защита информации", "Автоматы и грамматики", быть знаком с классическим вычислительными моделями, такими, как конечные автоматы, схемы из функциональных элементов, коммуникационная модель вычислений.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в сети Интернет и из других источников
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способностью формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, профессиональных и этических позиций

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-12 (общекультурные компетенции)	способностью работать с информацией в глобальных компьютерных сетях
ОК-14 (общекультурные компетенции)	способностью использовать в научной и познавательной деятельности, а также в социальной сфере профессиональные навыки работы с информационными и компьютерными технологиями
ОК-15 (общекультурные компетенции)	способностью работы с информацией из различных источников, включая сетевые ресурсы сети Интернет, для решения профессиональных и социальных задач
ОК-16 (общекультурные компетенции)	способностью к интеллектуальному, культурному, нравственному, физическому и профессиональному саморазвитию, стремление к повышению своей квалификации и мастерства
ОК-9 (общекультурные компетенции)	способностью осознать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным, профессиональным, социальным и этическим проблемам

В результате освоения дисциплины студент:

1. 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;

2. 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.

3. должен владеть:

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

готовность и способность применять полученные знания на практике.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 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. Введение. История возникновения квантовых вычислений.	8	10	0	2	0	
2.	Тема 2. Основные понятия квантовых вычислений	8	10	0	2	0	
3.	Тема 3. Основные постулаты квантовой механики.	8	10	0	2	0	
4.	Тема 4. Определение запутанных квантовых состояния, примеры. EPR- парадокс.	8	10	0	2	0	
5.	Тема 5. Квантовая криптография.	8	10	0	2	0	
6.	Тема 6. Квантовые гейты.	8	10	0	2	0	
7.	Тема 7. Массивы квантовых гейтов. Квантовые схемы.	8	10	0	2	0	
8.	Тема 8. Плотное квантовое кодирование. Телепортация.	8	10	0	2	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
9.	Тема 9. Простейшие квантовые алгоритмы: алгоритм Дойча, алгоритм Дойча-Джозса, алгоритм Бернштейна-Вазириани.	8	10	0	2	0	
10.	Тема 10. Алгоритм Саймона.	8	10	0	2	0	
11.	Тема 11. Алгоритм Гровера поиска в неупорядоченной базе данных.	8	10	0	2	0	
12.	Тема 12. Квантовое преобразование Фурье.	8	10	0	2	0	
13.	Тема 13. Задача факторизации числа. Классический алгоритм. Квантовый алгоритм Шора.	8	10	0	2	0	контрольная работа
14.	Тема 14. Устойчивость квантовых вычислений. Квантовое исправление ошибок.	8	10	0	2	0	
15.	Тема 15. Квантовые и классические классы сложности.	8	10	0	2	0	
16.	Тема 16. Определение квантового конечного автомата. Распознавание языков квантовыми конечными автоматами.	8	10	0	2	0	
17.	Тема 17. Определение квантовой бинарной программы. Вычислений функций квантовыми ветвящимися программами.	8	10	0	2	0	
18.	Тема 18. Сравнение квантовых и классических ветвящихся программ	8	10	0	2	0	
19.	Тема 19. Квантовая коммуникационная модель вычислений.	8	19	0	2	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
20.	Тема 20. k-partition квантовая коммуникационная модель.	8	20	0	2	0	
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	экзамен
	Итого			0	40	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. История возникновения квантовых вычислений.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Введение. Основные разделы курса. История возникновения квантовых вычислений. Современное состояние в данной области. Возможные физические основы построения квантового компьютера. Сфера применения квантовых вычислений.

Тема 2. Основные понятия квантовых вычислений

практическое занятие (2 часа(ов)):

Понятие квантового бита. Основные свойства. Квантовый регистр. Пространство состояний регистра квантовых битов в сравнении с пространством состояний регистра классических битов. Различие декартового и тензорного произведения. Квантовый параллелизм.

Тема 3. Основные постулаты квантовой механики.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Основные постулаты квантовой механики. Основные математические понятия, используемые в теории квантовых вычислений. Квантовая система. Состояние квантовой системы. Эволюция квантовой системы. Квантовое измерение. Теорема неклонирования.

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

практическое занятие (2 часа(ов)):

Два различных определения запутанных квантовых состояний, примеры. EPR- парадокс. Использование эффекта entanglement в квантовых вычислениях.

Тема 5. Квантовая криптография.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Квантовая криптография. Описание протокола, основанного на использовании квантового канала для передачи секретного ключа в криптографии.

Тема 6. Квантовые гейты.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Квантовые гейты. Их сравнение с классическими гейтами. Определение основных одно- и двухкубитных гейтов. Универсальные квантовые гейты.

Тема 7. Массивы квантовых гейтов. Квантовые схемы.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Массивы квантовых гейтов. Определение квантовой схемы. Отличия квантовых и классических схем. Квантовый параллелизм.

Тема 8. Плотное квантовое кодирование. Телепортация.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Алгоритмы, существенным образом использующие запутанные состояния. Плотное квантовое кодирование. Телепортация.

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

практическое занятие (2 часа(ов)):

Первые квантовые алгоритмы, демонстрирующие превосходство квантовых вычислений перед классическими. Простейшие квантовые алгоритмы: алгоритм Дойча, алгоритм Дойча-Джозса, алгоритм Бернштейна-Вазирани.

Тема 10. Алгоритм Саймона.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Алгоритм Саймона нахождения периода периодической функции по модулю 2. Сравнение с классическим алгоритмом.

Тема 11. Алгоритм Гровера поиска в неупорядоченной базе данных.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Алгоритм Гровера поиска в неупорядоченной базе данных. Сравнительная сложность решения задачи поиска квантовым и классическим алгоритмом. Анализ алгоритма.

Тема 12. Квантовое преобразование Фурье.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Квантовое преобразование Фурье. Сравнение квантового и классического преобразования Фурье. Сложность квантового преобразования Фурье.

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

практическое занятие (2 часа(ов)):

Задача факторизации числа. Применение задачи факторизации числа. Классический алгоритм. Сложность задачи факторизации в классическом случае. Квантовый алгоритм Шора. Анализ квантового алгоритма факторизации.

Тема 14. Устойчивость квантовых вычислений. Квантовое исправление ошибок.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Особенности квантовых вычислений. Понятие устойчивости квантовых вычислений. Квантовое исправление ошибок.

Тема 15. Квантовые и классические классы сложности.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Квантовые и классические классы сложности. Их соотношение. Гипотезы.

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

практическое занятие (2 часа(ов)):

Определение квантового конечного автомата. Сравнение вычислительных возможностей квантового и классического автоматов. Примеры, демонстрирующие мощь квантовых автоматов по сравнению с классическими автоматами. Примеры языков, не распознаваемых квантовыми автоматами.

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

практическое занятие (2 часа(ов)):

Определение квантовой бинарной программы. Вычисление функций. Реализация функции MODp в квантовых и классических ветвящихся программах. Сложность.

Тема 18. Сравнение квантовых и классических ветвящихся программ

практическое занятие (2 часа(ов)):

Сравнительный анализ сложности квантовых и классических ветвящихся программ. Нижняя оценка сложности квантовых ветвящихся программ, вычисляющих с ограниченной ошибкой.

Тема 19. Квантовая коммуникационная модель вычислений.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Определение модели квантовых коммуникационных вычислений. Соотношение сложности реализации функций в классических и квантовых коммуникационных моделях.

Тема 20. k-partition квантовая коммуникационная модель.

практическое занятие (2 часа(ов)):

k-partition квантовая коммуникационная модель. Пример протокола, основанного на использовании за-путанных квантовых состояний.

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
3.	Тема 3. Основные постулаты квантовой механики.	8	10	Выполнение домашнего задания	4	Проверка домашнего задания
5.	Тема 5. Квантовая криптография.	8	10	Выполнение домашнего задания	4	Проверка домашнего задания
7.	Тема 7. Массивы квантовых гейтов. Квантовые схемы.	8	10	Выполнение домашнего задания	4	Проверка домашнего задания
8.	Тема 8. Плотное квантовое кодирование. Телепортация.	8	10	Выполнение домашнего задания	4	Проверка домашнего задания
12.	Тема 12. Квантовое преобразование Фурье.	8	10	Выполнение домашнего задания	4	Проверка домашнего задания
13.	Тема 13. Задача факторизации числа. Классический алгоритм. Квантовый алгоритм Шора.	8	10	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
16.	Тема 16. Определение квантового конечного автомата. Распознавание языков квантовыми конечными автоматами.	8	10	Выполнение домашнего задания	6	Проверка домашнего задания
Итого					32	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме практических занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Рекомендуется предлагать студентам 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 студентов к активному участию в проведении занятия, предлагая к самостоятельному доказательству несложные утверждения и давая подсказку в случае затруднения. Также рекомендуется отмечать посещаемость занятий студентами.

Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов 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 студентов

Тема 1. Введение. История возникновения квантовых вычислений.

Тема 2. Основные понятия квантовых вычислений

Тема 3. Основные постулаты квантовой механики.

Проверка домашнего задания , примерные вопросы:

Выполнение упражнений, контролирующих правильность понимания основных понятиями квантовой информатики (кубит, квантовое состояние, квантовое преобразование, измерение и т.д.), и умение манипулировать данными понятиями.

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

Тема 5. Квантовая криптография.

Проверка домашнего задания , примерные вопросы:

Провести анализ квантовых протоколов распределения ключа.

Тема 6. Квантовые гейты.

Тема 7. Массивы квантовых гейтов. Квантовые схемы.

Проверка домашнего задания , примерные вопросы:

Выполнение упражнений на построение и преобразование квантовых схем.

Тема 8. Плотное квантовое кодирование. Телепортация.

Проверка домашнего задания , примерные вопросы:

Провести анализ квантовых алгоритмов, использующих запутанные состояния. Обосновать преимущество квантовых алгоритмов для решения данных задач.

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

Тема 10. Алгоритм Саймона.

Тема 11. Алгоритм Гровера поиска в неупорядоченной базе данных.

Тема 12. Квантовое преобразование Фурье.

Проверка домашнего задания , примерные вопросы:

Классическое преобразование Фурье, быстрое преобразование Фурье, квантовое преобразование Фурье. Провести их сравнительный анализ. Оценить сложность их вычисления.

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

контрольная работа , примерные вопросы:

Разработать квантовый алгоритм и представить его в виде квантовой схемы. По заданным квантовой схеме и входному определить квантовой состояние на выходе схемы, вероятности и результаты измерения данного квантового состояния.

Тема 14. Устойчивость квантовых вычислений. Квантовое исправление ошибок.

Тема 15. Квантовые и классические классы сложности.

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

Проверка домашнего задания , примерные вопросы:

Построить квантовый автомат для конкретного языка. Оценить его сложность. Оценить вероятность ошибки.

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

Тема 18. Сравнение квантовых и классических ветвящихся программ

Тема 19. Квантовая коммуникационная модель вычислений.

Тема 20. k-partition квантовая коммуникационная модель.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

По данной дисциплине предусмотрено проведение экзамена. Примерные вопросы для экзамена - Приложение1.

Примерные вопросы к экзамену:

1. Понятие квантового бита. Основные свойства квантового бита. Его отличие от классического. Геометрическая интерпретация. Понятие стандартного (вычислительного) базиса. Квантовый регистр. Квантовое состояние. Информационное содержание квантового и классического битов.

2. Квантовый регистр и его состояние. Сравнение с классическим регистром. Пространство состояний квантового и классического регистров. Тензорное и декартово произведение пространств.

3. Квантовая система, квантовое состояние, преобразования квантовой системы, квантовое измерение как способ извлечения информации.

и т.д.

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

3. 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 .? Москва : 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

7.2. Дополнительная литература:

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

7.3. 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/>)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Квантовые модели вычислений" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

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.

занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом(маркером), а также в специализированных компьютерных кабинетах.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010400.62 "Прикладная математика и информатика" и профилю подготовки Математическая кибернетика .

Автор(ы):

Гайнутдинова А.Ф. _____
" " 201 __ г.

Рецензент(ы):

Аблаев Ф.М. _____
Хадиев К.Р. _____
" " 201 __ г.