

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Соловьев Дмитрий Александрович

Должность: ректор ФГБОУ ВО Саратовский университет

Дата подписания: 18.07.2025 13:17:08

Уникальный программный ключ:

528682d78e671a566ab07f83fe1ba2172f735a12



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

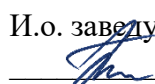
«Саратовский государственный университет генетики,

биотехнологии и инженерии

имени Н. И. Вавилова»

СОГЛАСОВАНО

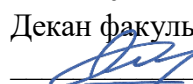
И.о. заведующего кафедрой

 /Ключиков А.В./

« 12 » апреля 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

 /Шишурин С.А./

« 12 » апреля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина	КВАНТОВЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ И ВЫЧИСЛЕНИЯ
Направление подготовки	09.04.03 Прикладная информатика
Направленность (профиль)	Проектирование информационных систем
Квалификация выпускника	Магистр
Нормативный срок обучения	2 года
Форма обучения	Очная

Разработчик: доцент, Перетяцько А.В.


(подпись)

Саратов 2024

1. Цели освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Квантовые компьютеры и вычисления» является формирование навыков работы с современными квантовыми системами, изучение принципов проектирования, программирования и анализа квантовых алгоритмов, а также развитие умений применения квантовых технологий для решения сложных вычислительных задач. В рамках курса студенты получают знания о фундаментальных основах квантовой механики, научатся моделировать квантовые схемы, исследовать квантовые состояния и применять квантовые алгоритмы для оптимизации, машинного обучения и других областей.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

В соответствии с учебным планом по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика дисциплина «Квантовые компьютеры и вычисления» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных после курса «Разработка программных приложений», освоенного в первый год обучения в вузе.

Дисциплина «Квантовые компьютеры и вычисления» является базовой для изучения следующей дисциплины: «Проектирование и разработка квантовых алгоритмов и систем».

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Изучение данной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенции, представленной в таблице 1.

Таблица 1

Требования к результатам освоения дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Индикаторы достижения компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1	2	3	4	5	6	7
1	ПК-3	Способен понимать принципы работы современных вычислительных технологий, включая квантовые компьютеры и алгоритмы, и использовать их при решении задач, требующих высокой вычислительной мощности, моделирования сложных систем и безопасной передачи информации.	ПК-3.4. Применяет методы анализа степени защищенности информации и нормативных требований по защите информации при разработке проектов систем обеспечения информационной безопасности	Основы архитектуры и функционирования квантовых компьютеров, ключевые понятия и термины квантовой информатики, включая кубиты, квантовые гейты, квантовые схемы, квантовую запутанность, суперпозицию и декогеренцию.	Разрабатывать квантовые алгоритмы для решения задач моделирования, оптимизации, машинного обучения и криптографии, работать с инструментальными средствами проектирования и разработки квантовых программ (квантовые SDK, симуляторы, компиляторы), разрабатывать техническую документацию к квантовым алгоритмам и системам, включая оценку сложности и требуемых ресурсов.	методами практического использования программных и аппаратных средств для проектирования и разработки приложений на базе микроконтроллеров и микропроцессоров.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Таблица 2

Объем дисциплины									
	Количество часов								
	Всего	в т.ч. по семестрам							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Контактная работа – всего, в т.ч.	54,1			54,1					
аудиторная работа:									
лекции	18			18					
лабораторные	36			36					
практические	-			-					
промежуточная аттестация	0,1			0,1					
Контроль									
Самостоятельная работа	89,9			89,9					
Форма итогового контроля	3			3					
Курсовой проект (работа)	-			-					

Таблица 3

Структура и содержание дисциплины

№ п/п	Тема занятия. Содержание	Неделя семестра	Контактная работа			Самостоятельная работа	Контроль знаний	
			Вид занятия	Форма проведения	Количество часов	Количество часов	Вид	Форма
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3 семестр								
1.	Введение в квантовые вычисления История развития квантовых вычислений. Основные принципы квантовой механики, применяемые в вычислениях.	1	Л	Т	2	3,3	ТК	УО
2.	Моделирование кубитов на классических компьютерах Реализация суперпозиции и измерения кубита.	1	ЛЗ	В	2	3,3	ВК	ПО
3.	Работа с однокубитными гейтами Моделирование гейтов Паули (X, Y, Z) и гейта Адамара.	2	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	УО

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.	Кубиты и квантовые состояния Понятие кубита. Суперпозиция, entanglement (квантовая запутанность) и измерение.	3	Л	Т	2	3,3	ТК	УО
5.	Работа с многокубитными гейтами Моделирование гейта CNOT и Toffoli.	3	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	УО
6.	Реализация алгоритма Дойча-Йожи Построение квантовой схемы и анализ результатов.	4	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	УО
7	Квантовые гейты и квантовые схемы Однокубитные и многокубитные гейты. Примеры квантовых схем и их применение.	5	Л	Т	2	3,3	ТК	УО
8.	Исследование квантовой запутанности Создание запутанных состояний и их измерение.	5	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	УО, ПО
9.	Моделирование алгоритма Шора Факторизация небольших чисел с использованием квантового алгоритма.	6	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	УО
10.	Квантовые алгоритмы Алгоритм Дойча-Йожи. Алгоритм Шора для факторизации чисел.	7	Л	Т	2	3,3	ТК	УО
11.	Реализация алгоритма Гровера Поиск элемента в неупорядоченной базе данных.	7	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	УО, ПО
12.	Квантовая телепортация Моделирование процесса передачи квантового состояния.	8	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	УО
13.	Квантовый алгоритм Гровера Принцип работы и применение для поиска в неупорядоченных базах данных. Ограничения и сложность алгоритма.	9	Л	Т	2	3,3	ТК	УО,Д
14.	Квантовые ошибки и их коррекция Моделирование ошибок и применение кодов коррекции.	9	ЛЗ	В	2	3,3	РК	УО, ПО
15.	Сравнение классических и квантовых алгоритмов Анализ производительности на примере задачи поиска.	10	ЛЗ	В	2	3,3	РК	УО
16.	Квантовая ошибка и коррекция ошибок Причины возникновения ошибок в квантовых вычислениях. Основные методы коррекции квантовых ошибок.	11	Л	Т	2	3,3	ТК	УО

17.	Работа с квантовыми симуляторами Использование IBM Qiskit или Google Cirq для моделирования квантовых схем.	11	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	УО
18.	Исследование квантовых состояний Визуализация состояний кубитов на сфере Блоха.	12	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	УО, ПО
19.	Квантовые симуляторы и их применение Моделирование квантовых систем на классических компьютерах. Практическое применение квантовых симуляторов.	13	Л	Т	2	3,3	ТК	УО
20.	Оптимизация квантовых схем Уменьшение количества гейтов в квантовой схеме.	13	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	ПО
21.	Моделирование квантовых систем Симуляция простых квантовых систем (например, квантового гармонического осциллятора).	14	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	УО
22.	Квантовые компьютеры: архитектура и технологии Современные платформы для реализации квантовых компьютеров (сверхпроводники, ионные ловушки, фотоника). Проблемы масштабируемости и стабильности.	15	Л	Т	2	3,3	ТК	УО,Д
23.	Исследование декогеренции Моделирование влияния шума на квантовые вычисления.	15	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	УО
24.	Работа с квантовыми алгоритмами для машинного обучения Реализация квантового варианта классического алгоритма ML.	16	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	ПО
25.	Будущее квантовых вычислений Перспективы развития квантовых технологий. Этические и социальные аспекты внедрения квантовых компьютеров.	17	Л	Т	2	3,3	ТК	УО
26.	Анализ квантовых алгоритмов для оптимизации Применение квантовых вычислений для решения задач оптимизации.	17	ЛЗ	В	2	3,3	ТК	УО, ПО
27.	Разработка простого квантового приложения Создание и тестирование квантового алгоритма для решения конкретной задачи.	18	ЛЗ	В	2	4,1	ТК	УО

	Выходной контроль	19			0,1		ВыхК	3
Итого:					54,1	89,9		

Примечание:

Условные обозначения:

Виды контактной работы: Л – лекция, ЛЗ – лабораторное занятие.

Формы проведения занятий: В – визуализация, П – проблемная лекция/занятие, Т – лекция/занятие, проводимое в традиционной форме.

Виды контроля: ВК – входной контроль, ТК – текущий контроль, РК – рубежный контроль, ВыхК – выходной контроль.

Форма контроля: УО – устный опрос, ПО – письменный опрос, Т – тестирование, Д – доклад, З – зачет

5. Образовательные технологии

Организация занятий по дисциплине «Квантовые компьютеры и вычисления»

Организация занятий по дисциплине «Квантовые компьютеры и вычисления» проводится по видам учебной работы: лекции, лабораторные занятия и текущий контроль.

Реализация компетентного подхода в рамках направления подготовки 09.04.03 Прикладная информатика, направленности «Проектирование информационных систем», предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой для формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Лекционные занятия проводятся в поточной аудитории с применением мультимедийного оборудования, включая учебные презентации. Основные моменты лекций конспектируются студентами. Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением конспекта, который подлежит контролю.

Целью лабораторных занятий является выработка практических навыков работы с квантовыми системами, освоение методов моделирования квантовых алгоритмов и их применения для решения реальных задач. Для достижения этих целей используются как традиционные формы работы (решение задач, выполнение лабораторных работ), так и интерактивные методы (лекция-визуализация, проблемное занятие).

Решение задач в области квантовых вычислений позволяет обучающимся освоить основы программирования квантовых систем и применять полученные знания для проектирования и разработки квантовых алгоритмов. В процессе решения задач студенты сталкиваются с ситуациями, требующими анализа и творческого подхода, что способствует повышению мотивации к учебе и профессиональной деятельности. Это развивает у обучающихся изобретательность, умение решать сложные задачи с учетом специфики квантовых технологий и доступной информации.

Проблемное лабораторное занятие при анализе конкретной ситуации развивает способности к диагностике и решению технических проблем. С помощью метода анализа конкретной ситуации у обучающихся формируются такие качества,

как умение четко формулировать и аргументировать свою позицию, эффективно коммуницировать, дискутировать, воспринимать и оценивать информацию. Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных аудиториях, оснащенных необходимыми техническими средствами (квантовые симуляторы, программное обеспечение для моделирования квантовых систем и т.п.).

Самостоятельная работа охватывает проработку обучающимися отдельных вопросов теоретического курса, выполнение домашних заданий, включающих решение задач, анализ конкретных ситуаций и подготовку презентаций. Самостоятельная работа осуществляется как в индивидуальном, так и в групповом формате. Она выполняется на основе учебно-методических материалов дисциплины (Приложение 2). Вопросы, изучаемые самостоятельно, включаются в экзаменационные задания.

Таким образом, дисциплина «Квантовые компьютеры и вычисления» направлена на формирование у студентов глубокого понимания принципов квантовых технологий, развитие практических навыков работы с квантовыми системами и подготовку к решению сложных задач в области квантовых вычислений.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература (библиотека Вавиловского университета)

№ п/п	Наименование, ссылка для электронного доступа или кол-во экземпляров в библиотеке	Автор(ы)	Место издания, издательство, год	Используется при изучении разделов (из п. 4, таб. 3)
1	2	3	4	5
1	Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита: монография https://e.lanbook.com/book/412214	Прилипко, В. К.	Санкт-Петербург: 2024.	все разделы
2	Введение в нанотехнологию: учебник https://e.lanbook.com/book/211034	Марголин В.И.	Санкт-Петербург: 2022.	все разделы

б) дополнительная литература

С	Наименование, ссылка для электронного доступа или кол-во экземпляров в библиотеке	Автор(ы)	Место издания, издательство, год	Используется при изучении разделов (из п. 4, таб. 3)
1	2	3	4	5
1	Прилипко, В. К. Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита: монография https://e.lanbook.com/book/205985	Прилипко, В. К.	Санкт-Петербург: 2022.	все разделы
2	Основы спинтроники: учебное пособие https://e.lanbook.com/book/210443	Аплеснин, С. С.	Санкт-Петербург: 2022.	все разделы

в) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Для освоения дисциплины рекомендуются следующие сайты информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

– официальный сайт университета:

<https://www.vavilovsar.ru/>

<http://profbeckman.narod.ru/InformLekc.files/Inf01.pdf>

<https://fund.mipt.ru/upload/iblock/377/3sz4qhz4kwb5qji7f8z3ph7yvaj7c07j.pdf>

<https://portal.tpu.ru/SHARED/t/TORGAEV/academic/T>

[ab1/Tab/Пособие%20по%20KB.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/t/TORGAEV/academic/T)

<https://kpfu.ru/pdf/portal/oop2/426506.pdf>

г) периодические издания

Не предусмотрены дисциплиной.

д) информационные справочные системы и профессиональные базы данных

Для пользования стандартами и нормативными документами рекомендуется применять информационные справочные системы и профессиональные базы данных, доступ к которым организован библиотекой университета через локальную вычислительную сеть.

Для пользования электронными изданиями рекомендуется использовать следующие информационные справочные системы и профессиональные базы данных:

1. Научная библиотека университета <https://www.vavilovsar.ru/biblioteka>

Базы данных содержат сведения о всех видах литературы, поступающей в фонд библиотеки. Более 1400 полнотекстовых документов (учебники, учебные пособия и т.п.) (доступ: с любого компьютера, подключенного к сети Internet).

2. Электронная библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com>

Электронная библиотека издательства «Лань» – ресурс, включающий в себя как электронные версии книг издательства «Лань», так и коллекции полнотекстовых файлов других российских издательств (доступ: после регистрации с компьютера университета с любого компьютера, подключенного к сети Internet).

3. ЭБС IPR SMART <http://iprbookshop.ru>

ЭБС обеспечивает возможность работы с постоянно пополняемой базой лицензионных изданий (более 40000) по широкому спектру дисциплин – учебные, научные издания и периодика, представленные более 600 федеральными, региональными и вузовскими издательствами, научно-исследовательскими институтами и ведущими авторскими коллективами (доступ: после регистрации с компьютера университета с любого компьютера, подключенного к сети Internet).

4. ЭБС Znanium <https://znanium.ru>

Фонд ЭБС Znanium постоянно пополняется электронными версиями изданий, публикуемых Научно-издательским центром ИНФРА-М, коллекциями книг и журналов других российских издательств, а также произведениями отдельных авторов (доступ: с любого компьютера, подключенного к сети Internet; свободная

регистрация).

5. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>

Российский информационный портал в области науки, медицины, технологии и образования. На платформе аккумулируются полные тексты и рефераты научных статей и публикаций (доступ: с любого компьютера, подключенного к сети Internet; свободная регистрация).

е) информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса:

К информационным технологиям, используемым при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, относятся:

- персональные компьютеры, посредством которых осуществляется доступ к информационным ресурсам и оформляются результаты самостоятельной работы;
- проекторы и экраны для демонстрации слайдов мультимедийных лекций;
- активное использование средств коммуникаций (электронная почта, тематические сообщества в социальных сетях и т.п.).

программное обеспечение:

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы (расчетная, обучающая, контролирующая)
1	2	3	4
1	Все темы дисциплины	Kaspersky Endpoint Security (антивирусное программное обеспечение). Лицензиат – ООО «Солярис Технолоджис», г. Саратов. Сублицензионный договор № 6-1128/2023/КСП-107 от 11.12.2023 г. Срок действия договора: 01.01.2024– 31.12.2024 г.	Вспомогательная
2	Все темы дисциплины	«Р7-Офис» Предоставление неисключительных прав на программное обеспечение «Р7-Офис». Лицензиат – ООО «Солярис Технолоджис», г. Саратов. Договор № ЦЗ-1К-033 от 21.12.2022 г. Срок действия договора: с 01.01.2023 г. Лицензия на 3 года с правом последующего бессрочного использования, для образовательных учреждений.	Вспомогательная

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения учебных занятий по данной дисциплине используются учебные аудитории № 522, Кванториум (малая аудитория), Кванториум (большая аудитория), 113, 311, 313, 315, № 114 (Киберфизическая лаборатория)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий оснащены

оборудованием и техническими средствами обучения: для демонстрации медиаресурсов имеются проектор, экран, компьютер или ноутбук:
https://vavilovsar.ru/sveden/objects/cabinets/study_rooms.html,
https://vavilovsar.ru/sveden/objects/cabinets/practice_rooms.html .

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (№ 522, Кванториум (малая аудитория), Кванториум (большая аудитория), 113 (класс ВОИР), 311, 313, структурное подразделение "Инжиниринговый центр" (центр агроробототехники и VR/AR технологий), структурное подразделение "Инжиниринговый центр" (студенческое конструкторское бюро) и читальный зал библиотеки) оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета:

https://vavilovsar.ru/sveden/objects/cabinets/study_rooms.html,
https://vavilovsar.ru/sveden/objects/cabinets/practice_rooms.html .

8. Оценочные материалы

Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Квантовые компьютеры и вычисления»

Оценочные материалы разработаны на основании следующих документов:

- Федерального закона Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями);
- Приказа от 6 апреля 2021 г. № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» (с изменениями на 2 марта 2023 года).

Оценочные материалы представлены в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины и включают в себя:

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

- Формирование у обучающихся знаний о принципах работы квантовых компьютеров, квантовых алгоритмов и их применения.
- Развитие навыков моделирования квантовых систем и анализа их работы.
- Освоение методов решения задач с использованием квантовых вычислений.

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, включая шкалы оценивания.

- Уровень понимания теоретических основ квантовой механики и квантовых вычислений.
- Способность применять квантовые алгоритмы для решения практических задач.
- Навыки работы с квантовыми симуляторами и программным обеспечением для моделирования квантовых систем.

3. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы

формирования компетенций.

- Тестовые задания по теоретическим основам квантовых вычислений.
- Практические задания по моделированию квантовых схем и алгоритмов.
- Задачи на анализ и оптимизацию квантовых систем.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.
- Критерии оценки проектов и презентаций.
- Инструкции по проведению текущего контроля и промежуточной

аттестации.

Оценочные материалы направлены на обеспечение объективной оценки уровня освоения дисциплины и формирования у обучающихся профессиональных компетенций, необходимых для работы в области квантовых вычислений.

9. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы представлен в приложении 2 к рабочей программе по дисциплине «Квантовые компьютеры и вычисления».

10. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины.

Методические указания по изучению дисциплины «Квантовые компьютеры и вычисления» включают в себя:

1. Краткий курс лекций
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.

*Рассмотрено и утверждено на заседании
кафедры «Цифровое управление процессами в
АПК»
«12» апреля 2024 года (протокол № 12).*