Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет
имени Коста Левановича Хетагурова»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____ А.М. Дигурова
«28» ____ 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Квантовые вычисления»

Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль – Информатика и вычислительная техника

Форма обучения – очная

Владикавказ, 2019

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 г. № 929, учебным планом подготовки бакалавриата по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» от 28.05.2019 г. № 10.

Составитель: доцент Гутнова А.К.

Рабочая программа обсуждена и утверждена на заседании кафедры алгебры и геометрии.
(протокол №7 от 14.03.2019)

Одобрена советом факультета математики и информационных технологий
(протокол №5 от 29.03.2019)

1. Структура и общая трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы. (144 час.).

	Очная Форма обучения
Курс	4
Семестр	7
Лекции	34
Практические занятия	34
Лабораторные занятия	-
Консультации	+
Итого аудиторных занятий	68
Самостоятельная работа	40
Курсовая работа	-
Зачет	-
Экзамен	36
Общее количество часов	144 час.

2. Цели освоения дисциплины

Способность ориентироваться в новой быстро развивающейся области науки и технологии квантовой информатике. Владение базовыми теоретическими знаниями в области квантовой информатики. Владение базовыми методами описания функционирования устройств квантовой информатики с использованием квантовых схем.

Задачи дисциплины. Изучение основных физических принципов функционирования устройств квантовой информатики – квантовых компьютеров и устройств квантовой коммуникации. Приобретение навыков анализа и использования квантовых схем для проведения демонстрационных квантовых вычислений булевых функций, разработки простейших квантовых алгоритмов и протоколов квантовой коммуникации.

3. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «Квантовые вычисления» относится к дисциплинам Блок 1. Дисциплины (модули). Часть, формируемая участниками образовательных отношений. Дисциплины по выбору. Б1.В.ДВ.07.01.

Для изучения дисциплины необходимы знания, полученные обучающимися в рамках школьного курса «Информатика», а также в результате освоения дисциплин: «Алгебра», «Компьютерные науки (Информатика)».

Приступая к изучению дисциплины «Квантовые вычисления», студент должен обладать знаниями в линейной алгебре, физике.

4. Требования к результатам освоения дисциплины

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями (результатами освоения образовательной программы):

УК-1 -Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;

ПК-6 -Способен создавать и исследовать новые математические модели в промышленности и бизнесе, в том числе с использованием современных информационных технологий и программирования.

Взаимосвязь планируемых результатов обучения по дисциплине с формируемыми компетенциями ОПОП:

Компетенции		Планируемые результаты обучения, соответствующие формируемым компетенциям ОПОП		
Код	**Формулировка**	**Знать:**	**Уметь**	**Владеть:**
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	историю зарождения квантовой информатики и состояние развития данной области информатики на сегодняшний день;	ориентироваться в области квантовых вычислений, и в том, где и каким образом применяются знания из этой области,	основными понятиями квантовой информатики, такими, как понятие кубита
ПК-6	Способен создавать и исследовать новые математические модели в промышленности и бизнесе, в том числе с использованием современных информационных технологий и программирования	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;	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 предача кода, квантовый параллелизм	основными понятиями квантовой информатики, такими, как понятие преобразований и измерения квантовой системы; приемами и методами построения эффективных квантовых моделей

При проведении учебных занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая при необходимости проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплин (модулей) в форме курсов, составленных на основе результатов научных исследований, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

5. Содержание и учебно-методическая карта дисциплины

Таблица 5.1

Номер недели	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия			Самостоятельная работа студентов		Формы контроля	Баллы		Литература
		л	пр	лаб	Содержание	Часы		min	max	
1	Зарождение индустрии квантовых вычислений	2	2				Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**5**	**[1-4]**
2	представление об особенностях квантовых вычислений на примере простейшего алгоритма Дейча	2	2		Задачи пересчёта количества решений, класс сложности #P. Проблема демонстрации квантового превосходства на примере задачи BosonSampling.	7	Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**5**	**[1-4]**
3	необходимые сведения из теории вычислительной сложности алгоритмов	2	2		Описание измерений в квантовой теории, описание измерений в квантовых схемах.	7	Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**
4	гейтовая модель классических вычислений	2	2				Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**
5	универсальные вентили	2	2				Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**
6	универсальность однокубитных вентилей и вентиля CNOT	2	2				Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**
7	квантовое преобразование Фурье	2	2				Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**

8	упрощённый алгоритм Китаева	2	2				Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**
9	Алгоритм поиска периода функции	2	2				Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**
10	факторизация чисел на простые множители	2	2				Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**
11	алгоритм Шора	2	2				Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**
v12	квантовые алгоритмы поиска	2	2		Алгоритмы, основанные на случайных блужданиях.	6	Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**
13	алгоритм Гровера	2	2				Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**
14	классические коды коррекции ошибок	2	2		Трехкубитный код, исправляющий X-ошибку.	5	Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**
15	линейные коды, общая теория исправления ошибок.	2	2		Квантовые коды Кальдербанка-Шора-Стина.	5	Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**
16	дискретизация ошибок, модель независимых ошибок	2	2		Экспериментальные перспективы реализации квантовой коррекции ошибок и устойчивых к ошибкам вычислений.	5	Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**
17-18	квантовые симуляции: «цифровые» и аналоговые	2	2		Квантовые вычисления на NISQ-устройствах.	5	Конспект, вопросы на коллоквиуме	**0**	**6**	**[1-4]**

	ИТОГО	34	34	0		40		**0**	**100**	

Примечания:

– Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основании локальных нормативных актов.

– В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы консультаций, по электронной почте и с использованием платформ дистанционного обучения.

6. Образовательные технологии

В соответствии с государственными образовательными стандартами высшего образования реализация учебного процесса должна предусматривать проведение занятий в интерактивных и активных формах. Внедрение этих форм обучения – одно из важнейших направлений совершенствования подготовки студентов в современном вузе. Цель – повышение эффективности образовательного процесса, достижение всеми обучающимися высоких результатов обучения.

Интерактивные формы проведения занятий предполагают обучение в сотрудничестве. Все участники образовательного процесса (преподаватель и студенты) взаимодействуют друг с другом, обмениваются информацией, совместно решают проблемы, моделируют ситуации. Суть использования активных и интерактивных форм проведения состоит в погружении студентов в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем, оптимальную для выработки навыков и качеств будущего специалиста.

Для решения воспитательных и учебных задач преподавателем могут быть использованы следующие интерактивные формы обучения.

Традиционные лекции и практические (семинарские) занятия с использованием современных интерактивных технологий.

Лекция-диалог – содержание подается через серию вопросов, на которые студент должен отвечать непосредственно в ходе лекции.

Онлайн-семинар – разновидность веб-конференции, проведение онлайн-встреч или презентаций через Интернет в режиме реального времени. Каждый из участников находится у своего компьютера (средства связи), а связь между ними поддерживается через Интернет посредством загружаемого приложения, установленного на компьютере каждого участника.

Видеоконференция – сеанс видеоконференцсвязи (ВКС) – это технология интерактивного взаимодействия двух и более участников образовательного процесса для обмена информацией в реальном режиме времени.

Видео-лекция – снятая на камеру сокращенная лекция, дополненная фотографиями и схемами, иллюстрирующая подаваемый в лекции материал.

Технология электронного обучения (реализуется при помощи электронной образовательной среды СОГУ при использовании ресурсов ЭБС, при проведении автоматизированного тестирования и т. д.).

Творческое задание составляет содержание (основу) любой интерактивной формы проведения занятия. Выполнение творческих заданий требует от студента воспроизведения полученной ранее информации в форме, определяемой преподавателем и требующей творческого подхода: 1) подборка примеров из практики; 2) подборка материала по определенной проблеме;

Публичная презентация проекта - самый эффективный способ донесения важной информации при публичных выступлениях. Слайд-презентации позволяют эффектно и наглядно представить содержание, выделить и проиллюстрировать сообщение.

Интерактивная лекция представляет собой выступление преподавателя перед аудиторий студентов с применением следующих интерактивных форм обучения: 1. управляемая дискуссия или беседа; 2. демонстрация слайдов или учебных фильмов; 3. мозговой штурм; 4. мотивационная речь и др.

Разработка проекта позволяет участникам мысленно выйти за пределы аудитории и составить проект своих действий по обсуждаемому вопросу Участники могут обратиться за консультацией, дополнительной литературой в специализированные учреждения, библиотеки и т.д.

Проблемное обучение - поиск ответов на вопросы по теме.

7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Самостоятельная работа обучающихся является одним из видов учебных занятий. Самостоятельная работа проводится с целью:

− систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся студентов;

− углубления и расширения теоретических знаний;

− формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;

- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

− развития исследовательских умений.

К видам самостоятельной работы при изучении данной дисциплины относится: написание докладов, эссе, подготовка презентаций, самостоятельное изучение литературы по теме и составление по ней конспектов, работа со справочными материалами (терминологическими и иными словарями, энциклопедиями) и т.д.

Темы и формы внеаудиторной самостоятельной работы, ее трудоёмкость содержатся в разделе 5, табл. 5.1.

Методические рекомендации по дисциплине прилагаются.

8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, рубежной аттестации и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Рабочая программа предусматривает проведение лекционных и практических занятий, а также следующие виды работ: самостоятельную работу студентов по подготовке устных сообщений, написанию докладов, подготовку презентаций и обсуждений по темам дисциплины - работу в активной и интерактивной формах.

Рабочая программа предполагает текущий и промежуточный контроль знаний.

Текущий контроль – это непрерывно осуществляемый мониторинг уровня усвоения знаний и формирования умений и навыков в течение семестра или учебного года. Текущий контроль знаний, умений и навыков студентов осуществляется в ходе учебных (аудиторных) занятий, проводимых по расписанию. Формами текущего контроля выступают опросы на занятиях с целью проверки наличия знаний, необходимых для усвоения нового материала или для выяснения степени усвоения изложенного материала.

Рубежный контроль осуществляется по окончании изучения материала модуля в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля в целом. В течение семестра такие контрольные мероприятия проводятся по графику.

Контрольные задания (демоверсии) для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

1. Алгоритм поиска периода функции.
2. Зарождение индустрии квантовых вычислений.

Критерии оценивания представлены в таблице 8.1.

Примеры тестовых заданий по дисциплине:

1. Какие преимущества имеет квантовый компьютер в сравнении с классическим компьютером:

- Может иметь память экспоненциально большого размера.

- Любой алгоритм для квантового компьютера эффективнее алгоритма для классического компьютера.
- Некоторые алгоритмы для квантового компьютера эффективнее соответствующих алгоритмов для классического компьютера.
- Может параллельно выполнять массивные вычисления.

2. Какие недостатки имеет квантовый компьютер в сравнении с классическим компьютером:
- Не может иметь память большого размера.
- Чтение состояния кубита разрушает это состояние.
- Корректный ответ можно получить лишь с некоторой вероятностью.
- Не способен выполнять параллельные вычисления.

3. Укажите корректные высказывания:
- Квантовые процессоры должны быть полностью изолированы от окружающей среды, сохраняя при этом контроль и управление вычислениями.
- Значение кубита можно интерпретировать как суперпозицию с весами a и b значений двух классических битов 0 и 1.

4. Какие утверждения справедливы относительно понятия «кубит»:(1) Это кубический бит.
- Единица памяти квантового компьютера.
- Может рассматриваться как вектор единичной длины на плоскости.

5. Какие значения может хранить кубит:
- Только 0 и 1.
- Любые положительные значения.
- Любые значения от 0 до 1 включительно.

6. В записи значения кубита a|0> +b|1> справедливо, что a и b:
- Коэффициенты суперпозиции единичных векторов |0> и |1>.
- Базисные вектора.
- Независимые положительные числа.
- Связаны соотношением a2 + b2 = 1.
- Числа, по модулю меньшие 1.

7. Что такое n-кубит (мультикубит):
- Кубит, имеющий форму n-угольника.
- Система из n взаимодействующих кубитов.
- Система из n кубитов, значения которых совпадают.

Методика формирования результирующей оценки

Таблица 8.1

Этап	**Форма контроля**	**Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)**			
		86-100 %	**71–85%**	**60–70%**	**Менее 60%**
1. Текущий контроль (max 25 баллов за 1 модуль)					
		7-8 баллов	6–7 баллов	4–5 баллов	0–3 баллов
	Посещение занятий (max 8 б.)	Студент посетил более 85% занятий	Студент посетил 71–85% занятий	Студент посетил 60–70% занятий	Студент посетил менее 60% занятий

		9–10 баллов	7–8 баллов	6–7 баллов	0–5 баллов
	Текущая работа в течение модуля (max 10б.)	Студент активно работает на занятиях, превосходно выполняет все задания преподавателя.	Студент активно работает на занятиях, хорошо выполняет задания преподавателя.	Студент недостаточно активно работает на занятиях, удовлетворительно выполняет задания преподавателя.	Студент недостаточно активно работает на занятиях, неудовлетворительно выполняет задания преподавателя.
		3/2 балла	2 балла	1 балл	0 баллов
	Доклад, презентация (max 3б.) / опорный конспект (max 2б.)	Тема полностью раскрыта. Превосходное владение материалом. Высокий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Превосходный стиль изложения.	Тема в основном раскрыта. Хорошее владение материалом. Средний уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Хороший стиль изложения.	Тема частично раскрыта. Удовлетворительное владение материалом. Низкий уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Удовлетворительный стиль изложения.	Тема не раскрыта. Неудовлетворительное владение материалом. Недостаточный уровень самостоятельности, логичности, аргументированности. Неудовлетворительный стиль изложения.
2. Рубежный контроль (25б. за 1 модуль)					
		22–25 баллов	18–21 балл	14–17 баллов	0–13 баллов
	Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.
3. Итоговый контроль по дисциплине					
		43–50 баллов	36–42 балла	28–35 баллов	0–27 баллов
	Экзамен/зачет	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.	Дан полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Но допущены незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью	Дан недостаточно полный ответ. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины или дан неполный ответ и допущены грубые ошибки. Речь неграмотная. Уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на

			«наводящих» вопросов преподавателя.		другие вопросы дисциплины.

Студенты, получившие в ходе текущего и рубежного контроля 56-100 баллов, автоматически получают «Зачет» или соответствующую шкале экзаменационную оценку. Результирующая оценка складывается по соответствующей БРС формуле.

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Историческая перспектива и современное состояние области.
2. Зарождение индустрии квантовых вычислений.
3. Представление об особенностях квантовых вычислений на примере простейшего алгоритма Дейча.
4. Необходимые сведения из теории вычислительной сложности алгоритмов.
5. Понятие алгоритма, машина Тьюринга, универсальная машина Тьюринга.
6. Вычислимые и невычислимые функции, проблема остановки.
7. Задачи разрешимости, представление о классах вычислительной сложности. Классы P и NP.
8. Вероятностная машина Тьюринга, класс BPP.
9. Задачи пересчёта количества решений, класс сложности #P.
10. Проблема демонстрации квантового превосходства на примере задачи BosonSampling.
11. Гейтовая модель классических вычислений, универсальные вентили.
12. Гейтовая модель квантовых вычислений.
13. Элементарные квантовые логические вентили, однокубитные и двухкубитные вентили.
14. Условные двухкубитные вентили, представление условных многокубитных вентилей через двухкубитные.
15. Описание измерений в квантовой теории, описание измерений в квантовых схемах.
16. Универсальность однокубитных вентилей и вентиля CNOT.
17. Дискретизация однокубитных вентилей, универсальные дискретные наборы вентилей.
18. Сложность аппроксимации произвольного унитарного преобразования.
19. Квантовое преобразование Фурье.
20. Алгоритм оценки фазы, оценка необходимых ресурсов, упрощённый алгоритм Китаева.
21. Экспериментальные реализации алгоритма оценки фазы и приложения к расчёту молекулярных термов.
22. Алгоритм поиска периода функции.
23. Факторизация чисел на простые множители, алгоритм Шора.
24. Экспериментальные реализации алгоритма Шора.
25. Другие алгоритмы, основанные на квантовом преобразовании Фурье.
26. Квантовые алгоритмы поиска.
27. Алгоритм Гровера, геометрическая иллюстрация, оценка ресурсов.
28. Подсчёт числа решений поисковой задачи.
29. Ускорение решения NP-полных задач.
30. Квантовые поиск в неструктурированной базе данных.
31. Оптимальность алгоритма Гровера.
32. Алгоритмы, основанные на случайных блужданиях.
33. Экспериментальные реализации поисковых алгоритмов.
34. Классические коды коррекции ошибок, линейные коды.
35. Ошибки в квантовых вычислениях, отличие от классического случая.

36. Трехкубитный код, исправляющий X-ошибку.
37. Трехкубитный код, исправляющий Z-ошибку.
38. Девятикубитный код Шора.
39. Общая теория исправления ошибок, дискретизация ошибок, модель независимых ошибок.
40. Классические линейные коды, коды Хэмминга.
41. Квантовые коды Кальдербанка-Шора-Стина.
42. Формализм стабилизаторов, построение кодов КШС в формализме стабилизаторов.
43. Унитарные преобразования и измерения в формализме стабилизаторов.
44. Понятие о вычислениях, устойчивых к ошибкам.
45. Построение универсального набора устойчивых к ошибкам вентилей.
46. Измерения, устойчивые к ошибкам.
47. Пороговая теорема.
48. Экспериментальные перспективы реализации квантовой коррекции ошибок и устойчивых к ошибкам вычислений.
49. Квантовые симуляции: «цифровые» и аналоговые.
50. Некоторые экспериментальные реализации и перспективы аналоговых квантовых симуляций.
51. Квантовые вычисления на NISQ-устройствах.
52. Квантовые вариационные алгоритмы: QAOA и VQE.
53. Приложения к задачам квантовой химии.
54. Возможности реализации на современных квантовых процессорах, перспективы развития.

Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Уровень сформированности компетенций			
«Минимальный уровень не достигнут» (менее 56 баллов)	**«Минимальный уровень» (56-70 баллов)**	**«Средний уровень» (71-85 баллов)**	**«Высокий уровень» (86-100 баллов)**
Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы.	*Компетенции сформированы.* Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	*Компетенции сформированы.* Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	*Компетенции сформированы.* Знания твердые, аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка
Описание критериев оценивания			
Обучающийся демонстрирует:	Обучающийся демонстрирует:	Обучающийся демонстрирует:	Обучающийся демонстрирует:

- существенные пробелы в знаниях учебного материала; - допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий; - отсутствие умения выполнять практические задания, предусмотренные программой дисциплины; - отсутствие готовности (способности) к дискуссии и низкую степень контактности.	- знания теоретического материала; - неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; - неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы; - недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины; - умение без грубых ошибок решать практические задания, которые следует выполнить.	- знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - твердые знания теоретического материала. -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; - правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы; - умение решать практические задания, которые следует выполнить; - владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины; - наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам. Возможны незначительные оговорки и неточности в раскрытии отдельных положений вопросов, присутствует неуверенность в ответах.	- глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; - полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий в рамках обсуждаемых заданий; - способность устанавливать и объяснять связь практики и теории; - логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания, а также дополнительные вопросы экзаменатора; - умение решать практические задания; - свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы.
Оценка «неудовлетворительно» /не зачтено	**Оценка «удовлетворительно» / «зачтено»**	**Оценка «хорошо» / «зачтено»**	**Оценка «отлично» / «зачтено»**

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Ведринский, Р.В. Квантовая механика : учебник / Р.В. Ведринский ; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2009. – 384 с. –

Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240937 – бибоиогр. с: С. 382 – ISBN 978-5-9275-0706-1. – Текст : электронный.
2. Поликарпов, В.С. Философские проблемы квантовой теории информации: учебное пособие для аспирантов / В.С. Поликарпов, Е.В. Поликарпова, В.А. Поликарпова ; Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. – Таганрог : Южный федеральный университет, 2016. – 192 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493278 – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-2125-8. – Текст : электронный.
3. Шень, А.Х. Классические и квантовые вычисления: курс / А.Х. Шень, М.Н. Вялый. – Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2007. – 236 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234673 – Текст : электронный.

б) дополнительная литература:

4. Коткова, Е.А. Реализация и анализ квантовых алгоритмов на квантовом компьютере фирмы IBM: выпускная бакалаврская работа / Е.А. Коткова ; Государственный университет "Дубна", Институт системного анализа и управления, Кафедра распределенных информационных вычислительных систем. – Дубна : , 2018. – 47 с. : табл., ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=490622 – Текст : электронный.

в) электронные библиотечные системы, с которыми у СОГУ имеется действующий договор, современные профессиональные базы, информационные справочные системы:

– eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – URL: http://www.elibrary.ru.

– База данных «ЭБС elibrary»: http://elibrary.ru

– Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: http://biblio-online.ru.

- Университетская библиотека online [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: http://www.biblioclub.ru.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине проводятся в аудиториях, обеспеченных компьютерами, имеющими доступ к сети Интернет, интерактивными досками и мультимедийным оборудованием.

Лицензионное программное обеспечение:

1. Windows 10 Pro for Workstations, (№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г);
2. Office Standard 2016 (№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г);
3. Система поиска текстовых заимствований «Антиплагиат ВУЗ»;

Перечень ПО в свободном доступе:

1. Kaspersky Free;
2. WinRar;
3. Google Chrome;
4. Yandex Browser;
5. OperaBrowser.

11. Лист обновления/актуализации

1. Рабочая программа

пересмотрена и актуализирована на заседании кафедры алгебры и геометрии протокол № 7 от 24.03.2020г.;

одобрена на заседании совета факультета математики и информационных технологий, протокол № 5 от 27.03.2020 г.