



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

**(ДФУ)**

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ШКОЛА)**

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП

Директор департамента ДТФИТ ИНТиПМ

д.п.н., проф. Т.Н. Гнитецкая  
(подпись) (ФИО)



д.ф.-м.н., проф. К. В. Нефедев  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Научный руководитель ОП

«20» сентября 2023 г.

д.ф.-м.н., проф. Л. Л. Афремов  
(подпись) (ФИО)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
Введение в квантовые алгоритмы и компьютеры

Специальность 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика  
Специализация Фундаментальная физика и информатика

(Совместно с ИАПУ ДВО РАН, ТОИ ДВО РАН)

Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика, утвержденного приказом Минобрнауки России от 1 марта 2018 г. N 158 (с изменениями и дополнениями) Рабочая программа обсуждена на заседании департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий, протокол № 1 от «20» сентября 2023 г.

Директор департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий д.ф.-м.н., проф. К.В. Нефедев  
Составитель: профессор, д.ф.-м.н. Нефедев К.В.

Владивосток  
2023

## Оборотная сторона титульного листа РПД

### **I. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

### **II. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

### **III. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

### **IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Аннотация дисциплины**

### *Введение в квантовые алгоритмы и компьютеры*

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётных единицы и 144 академических часов. Является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений, профессионального блока дисциплин, модуль вычислительной физики, изучается в 9 семестре и завершается экзаменом. Учебным планом предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме 32 часов, практических – 32 часов, а также выделено 17 часов на самостоятельную работу студента и 63 часа на контроль.

#### ***Язык реализации: русский.***

**Цель:** формирование представления бурно развивающейся области науки и технологии на стыке физики и компьютерных наук – квантовыми вычислениями.

#### **Задачи:**

- Изучить гейтовую модель квантовых вычислений и универсальные наборы квантовых логических вентилей;
- Установить основные типы квантовых алгоритмов, таких как алгоритм оценки фазы, алгоритм шора и другие алгоритмы, основанные на квантовом преобразовании Фурье;
- Разобрать алгоритм Гровера и квантовые алгоритмы поиска; квантовые вариационные алгоритмы.
- Установить причины и следствия проблем с декогеренцией и ошибками в квантовых вентилях, вопросы построения квантовых кодов коррекции ошибок;
- Рассмотреть варианты архитектуры квантового компьютера, устойчивого к ошибкам;
- Рассмотреть вопросы принципиальной возможности создания устойчивого к ошибкам квантового компьютера и реальное положение дел при современном уровне развития технологий.

Дисциплина «Введение в квантовые алгоритмы и компьютеры» логически связана с содержанием следующих дисциплин «Основы цифровой грамотности», «Основы алгоритмизации и программирования», «Python для решения практических задач вычислительной физики и смежных областей знания», «Квантовая механика» и других.

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
---	---	--	--

	<p><b>ПК-7</b> Способен использовать специализированные знания в области физики стандартных программных средств компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин, строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения</p>	<p><b>ПК-7.1</b> Использует методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники, анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирование задач различных групп</p>	<p>Знает методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники, а также специализированные области физики, нано- и радиoeлектроники, математики и стандартных программных средств компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин</p> <p>Умеет строить физические и математические модели узлов, блоков, устройств, установок электроники и нанoeлектроники, а также стандартных программных средств компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин</p> <p>Владеет навыками построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники, а также стандартных программных средств компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин</p>
	<p><b>ПК-13</b> Способен осуществлять разработку и внедрение новых методов и технологий исследования больших данных</p>	<p><b>ПК-13.1</b> Совершенствует и разрабатывает новые методы, модели, алгоритмы, технологии и инструментальные средства работы с большими данными</p>	<p>Знает параллельные и распределённые вычисления</p> <p>Умеет планировать выполнение научно-технических работ</p> <p>Владеет планированием и выполнением научно-исследовательской работы в области</p>

			разработки новых методов, моделей, алгоритмов, технологий и инструментальных средств работы с большими данными
--	--	--	--

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

**Цель:** формирование представления бурно развивающейся области науки и технологии на стыке физики и компьютерных наук – квантовыми вычислениями.

### Задачи:

- изучить гейтовую модель квантовых вычислений и универсальные наборы квантовых логических вентилей;
- установить основные типы квантовых алгоритмов, таких как алгоритм оценки фазы, алгоритм Шора и другие алгоритмы, основанные на квантовом преобразовании Фурье;
- разобрать алгоритм Гровера и квантовые алгоритмы поиска; квантовые вариационные алгоритмы.
- установить причины и следствия проблем с декогеренцией и ошибками в квантовых вентилях, вопросы построения квантовых кодов коррекции ошибок;
- рассмотреть варианты архитектуры квантового компьютера, устойчивого к ошибкам;
- рассмотреть вопросы принципиальной возможности создания устойчивого к ошибкам квантового компьютера и реальное положение дел при современном уровне развития технологий.

Дисциплина «Введение в квантовые алгоритмы и компьютеры» логически связана с содержанием следующих дисциплин «Основы цифровой грамотности», «Основы алгоритмизации и программирования», «Python для решения практических задач вычислительной физики и смежных областей знания», «Квантовая механика» и других.

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
---	---	--	--

	<p><b>ПК-7</b> Способен использовать специализированные знания в области физики стандартных программных средств компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин, строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения</p>	<p><b>ПК-7.1</b> Использует методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и наноэлектроники, анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирование задач различных групп</p>	<p>Знает методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и наноэлектроники, а также специализированные области физики, нано- и радиоэлектроники, математики и стандартных программных средств компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин</p> <p>Умеет строить физические и математические модели узлов, блоков, устройств, установок электроники и наноэлектроники, а также стандартных программных средств компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин</p> <p>Владеет навыками построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и наноэлектроники, а также стандартных программных средств компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин</p>
	<p><b>ПК-13</b> Способен осуществлять разработку и внедрение новых методов и технологий исследования больших данных</p>	<p><b>ПК-13.1</b> Совершенствует и разрабатывает новые методы, модели, алгоритмы, технологии и инструментальные средства работы с большими данными</p>	<p>Знает параллельные и распределённые вычисления</p> <p>Умеет планировать выполнение научно-технических работ</p> <p>Владеет планированием и выполнением научно-исследовательской работы в области</p>

			разработки новых методов, моделей, алгоритмов, технологий и инструментальных средств работы с большими данными
--	--	--	--

## II. ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётных единицы и 144 академических часов. Является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений, профессионального блока дисциплин, модуль вычислительной физики, изучается в 9 семестре и завершается экзаменом. Учебным планом предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме 32 часов, практических – 32 часов, а также выделено 17 часов на самостоятельную работу студента и 63 часа на контроль.

## III. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Форма обучения – очная

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации	
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР		Контроль
1	Раздел 1. Введение. Историческая перспектива и современное состояние области. Зарождение индустрии квантовых вычислений. Представление об особенностях квантовых вычислений на примере простейшего алгоритма Дейча.	9	3		3		1	6	
2	Раздел 2. Необходимые сведения из теории вычислительной сложности алгоритмов. Понятие алгоритма, машина Тьюринга, универсальная машина Тьюринга. Вычислимые и невычислимые функции, проблема остановки. Задачи		3		3		1	6	

	разрешимости, представление о классах вычислительной сложности. Классы P и NP. Вероятностная машина Тьюринга, класс BPP. Задачи пересчёта количества решений, класс сложности #P. Проблема демонстрации квантового превосходства на примере задачи BosonSampling.							
3	Раздел 3. Гейтовая модель классических вычислений, универсальные вентили. Гейтовая модель квантовых вычислений. Элементарные квантовые логические вентили, однокубитные и двухкубитные вентили. Условные двухкубитные вентили, представление условных многокубитных вентилях через двухкубитные. Описание измерений в квантовой теории, описание измерений в квантовых схемах.	3		3		1	6	
4	Раздел 4. Универсальность однокубитных вентилях и вентиля CNOT. Дискретизация однокубитных вентилях, универсальные дискретные наборы вентилях. Сложность аппроксимации произвольного унитарного преобразования.	3		3		2	6	
5	Раздел 5. Квантовое преобразование Фурье. Алгоритм оценки фазы, оценка необходимых ресурсов, упрощённый алгоритм Китаева. Экспериментальные реализации алгоритма оценки фазы и приложения к	3		3		2	6	

	расчёту молекулярных термов.						
6	Раздел 6. Алгоритм поиска периода функции. Факторизация чисел на простые множители, алгоритм Шора. Экспериментальные реализации алгоритма Шора. Другие алгоритмы, основанные на квантовом преобразовании Фурье.	3	3	2	6		
7	Раздел 7. Квантовые алгоритмы поиска. Алгоритм Гровера, геометрическая иллюстрация, оценка ресурсов. Подсчёт числа решений поисковой задачи. Ускорение решения NP-полных задач. Квантовый поиск в неструктурированной базе данных. Оптимальность алгоритма Гровера. Алгоритмы, основанные на случайных блужданиях. Экспериментальные реализации поисковых алгоритмов.	3	3	2	6		
8	Раздел 8. Классические коды коррекции ошибок, линейные коды. Ошибки в квантовых вычислениях, отличие от классического случая. Трёхкубитный код, исправляющий X-ошибку. Трёхкубитный код, исправляющий Z-ошибку. Девятикубитный код Шора.	3	3	2	7		

9	Раздел 9. Общая теория исправления ошибок, дискретизация ошибок, модель независимых ошибок. Классические линейные коды, коды Хэмминга. Квантовые коды Кальдербанка-Шора-Стина.		4		4		2	7	
10	Раздел 10. Формализм стабилизаторов, построение кодов КШС в формализме стабилизаторов. Унитарные преобразования и измерения в формализме стабилизаторов. Понятие о вычислениях, устойчивых к ошибкам. Построение универсального набора устойчивых к ошибкам вентилях. Измерения, устойчивые к ошибкам. Пороговая теорема. Экспериментальные перспективы реализации квантовой коррекции ошибок и устойчивых к ошибкам вычислений.		4		4		2	7	
	Итого:		32		32		17	63	Экзамен

#### IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

**Лекция 1.** Введение историческая перспектива и современное состояние области. Зарождение индустрии квантовых вычислений. Представление об особенностях квантовых вычислений на примере простейшего алгоритма Дейча.

**Лекция 2.** Необходимые сведения из теории вычислительной сложности алгоритмов. Понятие алгоритма, машина Тьюринга, универсальная машина Тьюринга. Вычислимые и невычислимые функции, проблема останки. Задачи разрешимости, представление о классах вычислительной сложности. Классы P и NP. Вероятностная машина Тьюринга, класс BPP. Задачи пересчёта количества решений, класс сложности #P. Проблема демонстрации квантового превосходства на примере задачи BosonSampling.

**Лекция 3.** Гейтовая модель классических вычислений, универсальные вентилях. Гейтовая модель квантовых вычислений. Элементарные квантовые логические вентилях, однокубитные и двухкубитные вентилях. Условные двухкубитные вентилях, представление

условных многокубитных вентилях через двухкубитные. Описание измерений в квантовой теории, описание измерений в квантовых схемах.

**Лекция 4.** Универсальность однокубитных вентилях и вентиля CNOT. Дискретизация однокубитных вентилях, универсальные дискретные наборы вентилях. Сложность аппроксимации произвольного унитарного преобразования.

**Лекция 5.** Квантовое преобразование Фурье. Алгоритм оценки фазы, оценка необходимых ресурсов, упрощённый алгоритм Китаева. Экспериментальные реализации алгоритма оценки фазы и приложения к расчёту молекулярных термов.

**Лекция 6.** Алгоритм поиска периода функции. Факторизация чисел на простые множители, алгоритм Шора. Экспериментальные реализации алгоритма Шора. Другие алгоритмы, основанные на квантовом преобразовании Фурье.

**Лекция 7.** Квантовые алгоритмы поиска. Алгоритм Гровера, геометрическая иллюстрация, оценка ресурсов. Подсчёт числа решений поисковой задачи. Ускорение решения NP-полных задач. Квантовый поиск в неструктурированной базе данных. Оптимальность алгоритма Гровера. Алгоритмы, основанные на случайных блужданиях. Экспериментальные реализации поисковых алгоритмов.

**Лекция 8.** Классические коды коррекции ошибок, линейные коды. Ошибки в квантовых вычислениях, отличие от классического случая. Трёхкубитный код, исправляющий X-ошибку. Трёхкубитный код, исправляющий Z-ошибку. Девятикубитный код Шора.

**Лекция 9.** Общая теория исправления ошибок, дискретизация ошибок, модель независимых ошибок. Классические линейные коды, коды Хэмминга. Квантовые коды Кальдербанка-Шора-Стина.

**Лекция 10.** Формализм стабилизаторов, построение кодов КШС в формализме стабилизаторов. Унитарные преобразования и измерения в формализме стабилизаторов. Понятие о вычислениях, устойчивых к ошибкам. Построение универсального набора устойчивых к ошибкам вентилях. Измерения, устойчивые к ошибкам. Пороговая теорема. Экспериментальные перспективы реализации квантовой коррекции ошибок и устойчивых к ошибкам вычислений.

**Лекция 11.** Квантовые симуляции: «цифровые» и аналоговые. Некоторые экспериментальные реализации и перспективы аналоговых квантовых симуляций.

**Лекция 12.** Квантовые вычисления на NISQ-устройствах. Квантовые вариационные алгоритмы: QAOA и VQE. Приложения к задачам квантовой химии. Возможности реализации на современных квантовых процессорах, перспективы развития.

## **V. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**Практическое занятие 1.** Квантовые алгоритмы.

**Практическое занятие 2.** Задачи пересчёта количества решений, класс сложности #P.

**Практическое занятие 3.** Элементарные квантовые логические вентиля, однокубитные и двухкубитные вентиля.

**Практическое занятие 4.** Дискретизация однокубитных вентилях, универсальные дискретные наборы вентилях.

**Практическое занятие 5.** Алгоритм оценки фазы, оценка необходимых ресурсов, упрощённый алгоритм Китаева.

**Практическое занятие 6.** Алгоритм поиска периода функции. Факторизация чисел на простые множители, алгоритм Шора.

**Практическое занятие 7.** Квантовые алгоритмы поиска. Алгоритм Гровера, геометрическая иллюстрация, оценка ресурсов.

**Практическое занятие 8.** Классические коды коррекции ошибок, линейные коды.

**Практическое занятие 9.** Классические линейные коды, коды Хэмминга. Квантовые коды Кальдербанка-Шора-Стина.

**Практическое занятие 10.** Унитарные преобразования и измерения в формализме стабилизаторов. Понятие о вычислениях, устойчивых к ошибкам.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Разделы 1-5	ПК-7.1 Использует методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники, анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирование задач различных групп	Знает методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники, а также специализированные области физики, нано- и радиоэлектроники, математики и стандартных программных средств компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин	ПП-4 Реферат	
			Умеет строить физические и математические модели узлов, блоков, устройств, установок электроники и нанoeлектроники, а также стандартных программных средств компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин		
			Владеет навыками построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники, а также стандартных программных средств компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин		
2	Разделы 6-10	ПК-13.1 Совершенствует и разрабатывает новые методы, модели, алгоритмы, технологии и инструментальные средства работы с большими данными	Знает параллельные и распределённые вычисления	ПП-4 Реферат	
			Умеет планировать выполнение научно-технических работ		

			Владеет планированием и выполнением научно-исследовательской работы в области разработки новых методов, моделей, алгоритмов, технологий и инструментальных средств работы с большими данными		
	Итого				Экзамен

## **VII. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем. Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов:

- работа с основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами;
- самостоятельное ознакомление с лекционным материалом, представленным на электронных носителях, в библиотеке образовательного учреждения;
- подготовка реферативных обзоров источников периодической печати, опорных конспектов, заранее определенных преподавателем;
- поиск информации по теме с последующим ее представлением в аудитории в форме доклада, презентаций;
- подготовка к выполнению аудиторных контрольных работ;
- выполнение домашних контрольных работ;
- выполнение тестовых заданий, решение задач;

- составление кроссвордов, схем;
- подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции;
- заполнение рабочей тетради;
- написание эссе, курсовой работы;
- подготовка к деловым и ролевым играм;
- составление резюме;
- подготовка к зачетам и экзаменам;

другие виды деятельности, организуемые и осуществляемые образовательным учреждением и органами студенческого самоуправления.

## **VIII. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Эндрю, Стин Квантовые вычисления / Стин Эндрю ; перевод И. Д. Пасынков. — Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 112 с. — ISBN 978-5-4344-0790-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-92042&theme=FEFU>

2. Филлип, Кайе Введение в квантовые вычисления / Кайе Филлип, Лафлам Раймон, Моска Мишель ; перевод Т. С. Никитина ; под редакцией А. В. Анохина. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 360 с. — ISBN 978-5-4344-0656-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-91917&theme=FEFU>

3. Сысоев, С. С. Введение в квантовые вычисления : квантовые алгоритмы : учебное пособие / С. С. Сысоев. - СПб : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2019. - 144 с. - ISBN 978-5-288-05933-9. - Текст : электронный. <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=Znanium:Znanium-1080947&theme=FEFU>

### **Дополнительная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Ведринский, Р. В. Квантовая механика : учебник / Р. В. Ведринский. — Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2009. — 384 с. — ISBN 978-5-9275-0706-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-46976&theme=FEFU>

2. Введение в квантовые компьютеры / Г. П. Берман, Г. Д. Дулен, Р. Майньери, В. И. Цифринович ; перевод В. Е. Порсев ; под редакцией А. А. Кокина. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, Регулярная и хаотическая динамика, 2019. — 188 с. — ISBN 978-5-4344-0615-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-91918&theme=FEFU>

3. Стиб, В. -Х. Задачи и их решения в квантовых вычислениях и квантовой теории информации / В. -Х. Стиб, Й. Харди ; перевод Ю. А. Сагдеева. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2007. — 296 с. — ISBN 978-5-93972-601-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-16518&theme=FEFU>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9\\_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80)

<https://aws.amazon.com/ru/what-is/quantum-computing/>

<https://trends.rbc.ru/trends/industry/626bb8859a7947e7bdbadbcd>

<https://azure.microsoft.com/ru-ru/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-quantum-computing/>

<https://habr.com/ru/company/getmatch/blog/687154/>

<https://habr.com/ru/company/sberbank/blog/343308/>

<https://big-i.ru/innovatsii/tekhnologii/kvantovye-vychisleniya-chto-nuzhno-znat-rukovoditelyam-kompaniy/>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется общее программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows XP, Microsoft Office и др.).

## **IX. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы: лекциях и практиках, выполнении аттестационных мероприятий. В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на проработку лекционного материала, подготовку к практическим занятиям, выполнение контрольных и творческих работ.

Освоение дисциплины предполагает рейтинговую систему оценки знаний студентов и предусматривает со стороны преподавателя текущий контроль за посещением студентами лекций, подготовкой и выполнением всех практических заданий, выполнением всех видов самостоятельной работы.

Промежуточной аттестацией по дисциплине является *экзамен*.

Студент считается аттестованным по дисциплине при условии выполнения всех видов текущего контроля и самостоятельной работы, предусмотренных учебной программой.

Шкала оценивания сформированности образовательных результатов по дисциплине представлена в фонде оценочных средств (ФОС).

## **X. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться в следующих помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением, расположенных по адресу 690022, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10:

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебные аудитории для проведения учебных занятий:	

690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, этаж 4, 75,75 кв.м., № помещения 2249	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий. Компьютерный класс (L450) 20 компьютеров (системный блок модель - 30AGCT01WW P3+монитором АОС 28» L12868POU).
Помещения для самостоятельной работы:	
690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, этаж 10, 1016,2 кв.м., № помещения 477	<p>Аудитории для самостоятельной работы студентов. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДВФУ.</p> <p>Комплекты учебной мебели (столы и стулья). Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 115 шт.</p> <p>Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C).</p> <p>Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS). Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля (A1007 (A1042))</p>

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.