



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

С. С. СЫСОЕВ

ВВЕДЕНИЕ
В КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ
**КВАНТОВЫЕ
АЛГОРИТМЫ**



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

С. С. Сысоев

**ВВЕДЕНИЕ
В КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ.
КВАНТОВЫЕ АЛГОРИТМЫ**

Учебное пособие



ИЗДАТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

УДК 519.684:004.4
ББК 22.18+32.973.2
С95

Рецензенты: д-р физ.-мат. наук, проф. *О. Н. Граничин* (С.-Петерб. гос. ун-т), канд. физ.-мат. наук *А. В. Рыбин* (С.-Петерб. нац. исслед. ун-т информ. технологий, механики и оптики)

*Рекомендовано к публикации
учебно-методической комиссией
математико-механического факультета
Санкт-Петербургского государственного университета*

Сысоев С. С.

С95 Введение в квантовые вычисления. Квантовые алгоритмы: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2019. — 144 с.
ISBN 978-5-288-05933-9

В учебном пособии рассматривается математическая модель квантовых вычислений, разбираются примеры квантовых алгоритмов, анализируются границы их применимости. Все квантовые алгоритмы иллюстрируются примерами их реализации на симуляторе квантового компьютера, а для задачи Дойча приводится реальный прототип квантового компьютера на фотонах.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем». Может быть полезно математикам и программистам.

**УДК 519.684:004.4
ББК 22.18+32.973.2**

ISBN 978-5-288-05933-9

© Санкт-Петербургский
государственный
университет, 2019
© С. С. Сысоев, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Глава 1. Вычисления. От классических к квантовым ..	7
1.1. Введение	7
1.2. Информация и вычисления	9
1.3. Характеристики вычислительной системы	15
1.4. Вычислимость и алгоритм	17
1.5. Сложность вычислений	21
1.6. Квантовые вычисления	25
1.7. Многомировая интерпретация квантовой механики	29
1.8. Упражнения	34
Глава 2. Математическая модель квантовых вычислений	35
2.1. Кубит	—
2.2. Измерение кубита	39
2.3. Система кубитов	44
2.4. Измерение системы кубитов	48
2.5. Эволюция квантовой системы	50
2.6. Оператор Адамара	57
2.7. Упражнения	59
Глава 3. Квантовый компьютер и квантовые алгоритмы	64
3.1. Задача Дойча	—
3.2. Квантовый компьютер на фотонах	70
3.3. Задача Дойча—Джозы	80
3.4. Задача Бернштейна—Вазирани	83
3.5. Задача Саймона	84
3.6. Упражнения	86

Глава 4. Алгоритм Шора.....	89
4.1. Введение	—
4.2. Факторизация и RSA	90
4.3. Поиск периода и факторизация	93
4.4. Квантовое преобразование Фурье	97
4.5. Алгоритм Шора	101
4.6. Пример реализации	107
4.7. Упражнения	109
Глава 5. Алгоритм Гровера и границы квантовых вычислений	114
5.1. Введение	—
5.2. Алгоритм Гровера	116
5.3. Оптимальность алгоритма Гровера	126
5.4. Всегда ли квантовый компьютер имеет преимущество перед классическим?	131
5.5. Упражнения	133
Использованная литература.....	136
Рекомендованная литература	137
Ответы к упражнениям	139