

КРИС БЕРНХАРД

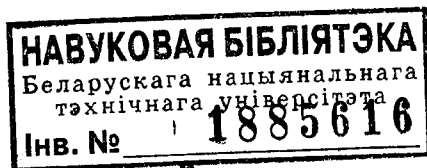
БНТУ

Научная библиотека



* 8 0 1 2 4 7 2 6 6 *

**КВАНТОВЫЕ
ВЫЧИСЛЕНИЯ
ДЛЯ НАСТОЯЩИХ
АЙТИШНИКОВ**



Санкт-Петербург · Москва · Екатеринбург · Воронеж
Нижний Новгород · Ростов-на-Дону
Самара · Минск

2020

Оглавление

Благодарности	10
Введение	11
От издательства	17
Глава 1. Спин	18
«Квантовые» часы	24
Измерения в одном направлении	24
Измерения в разных направлениях	25
Измерения	27
Случайность	28
Фотоны и поляризация	30
Заключение	34
Глава 2. Линейная алгебра	36
Комплексные и действительные числа	37
Векторы	38
Диаграммы векторов	39
Длина вектора	40
Скалярное произведение	40
Сложение векторов	41
Ортогональные векторы	43
Умножение бра на кет	43
Произведение бра-кет и длина	44
Произведение бра-кет и ортогональность	45
Ортонормированный базис	46
Векторы как линейные комбинации базисных векторов	48
Упорядоченные базисы	50
Длины векторов	51
Матрицы	51
Вычисления с матрицами	54
Ортогональные и унитарные матрицы	56
Инструменты линейной алгебры	57

Глава 3. Спин и кубиты	59
Вероятность	59
Математика квантового спина	60
Эквивалентные векторы состояний.....	64
Базис, соответствующий заданному направлению спина	66
Поворот установки на 60°	68
Математическая модель поляризации фотона	69
Базис, соответствующий заданному направлению поляризации	71
Эксперименты с поляризованными фильтрами	71
Кубиты	74
Алиса, Боб и Ева.....	75
Амплитуды вероятности и интерференция	78
Алиса, Боб, Ева и протокол BB84.....	79
Глава 4. Запутанность	83
Кубиты Алисы и Боба не запутаны.....	84
Незапутанные кубиты.....	86
Запутанные кубиты	87
Общение со сверхсветовой скоростью	90
Стандартный базис для тензорных произведений.....	92
Как запутать кубиты?	93
Запутывание кубитов с помощью вентиля CNOT	95
Запутанные квантовые часы.....	96
Глава 5. Неравенство Белла	99
Запутанные кубиты в разных базисах	101
Эйнштейн и локальный реализм	104
Эйнштейн и скрытые переменные	106
Классическое объяснение запутанности	107
Неравенство Белла.....	109
Ответ модели квантовой механики	109
Ответ классической модели.....	111
Измерение.....	115
Протокол Экерта для квантового распределения ключей	117
Глава 6. Классическая логика, вентили и цепи	120
Логика.....	121
Отрицание	121
И.....	122
ИЛИ	122

Булева алгебра.....	123
Логическая эквивалентность	125
Функциональная полнота	126
И-НЕ.....	128
Вентили.....	131
Вентиль НЕ.....	131
Вентиль И	131
Вентиль ИЛИ.....	132
Вентиль И-НЕ	132
Цепи.....	132
И-НЕ — универсальный вентиль	134
Вентили и вычисления.....	135
Память	137
Обратимые вычисления.....	138
Управляемое НЕ.....	139
Вентиль Тоффולי	141
Вентиль Фредкина.....	144
Бильярдный компьютер.....	146
Глава 7. Квантовые вентили и цепи	152
Кубиты	153
Управляемое НЕ	154
Квантовые вентили	156
Квантовые вентили, воздействующие на один кубит	156
Вентили I и Z	157
Вентили X и Y.....	158
Вентиль Адамара.....	158
Существуют ли универсальные квантовые вентили?.....	159
Теорема о запрете клонирования	160
Квантовые и классические вычисления	163
Цель Белла.....	164
Сверхплотное кодирование	166
Квантовая телепортация	170
Коррекция ошибок.....	174
Повторение.....	176
Коррекция с квантовым кульбитом.....	177
Глава 8. Квантовые алгоритмы.....	181
Классы сложности P и NP	182
Квантовые алгоритмы быстрее классических?	185

Запрос сложности.....	185
Алгоритм Дойча.....	186
Кронекеровское произведение матриц Адамара	191
Алгоритм Дойча—Джозы	194
Шаг 1. Передача кубитов через вентили Адамара	197
Шаг 2. Передача кубитов через вентиль F.....	198
Шаг 3. Передача верхних кубитов через вентили Адамара.....	199
Шаг 4. Измерение верхних кубитов	200
Алгоритм Саймона.....	200
Поразрядное сложение последовательностей по модулю 2.....	201
Формулировка задачи Саймона	201
Скалярное произведение и матрица Адамара	203
Матрицы Адамара и задача Саймона	204
Квантовая цепь для задачи Саймона	206
Классическая часть алгоритма Саймона	209
Классы сложности	212
Квантовые алгоритмы.....	215
Глава 9. Влияние квантовых вычислений	217
Алгоритм Шора и криптоанализ.....	218
Алгоритм шифрования RSA	218
Алгоритм Шора	220
Алгоритм Гровера и поиск данных.....	223
Алгоритм Гровера	224
Применения алгоритма Гровера.....	228
Химия и моделирование	229
Оборудование	231
Квантовый отжиг.....	233
Квантовое превосходство и параллельные Вселенные.....	235
Вычисления	237