Философия квантовых вычислений

Лекция спецкурса Страховой С.И.

«Квантовая механика наноразмерных структур»

Кафедра общей ядерной физики физического факультета МГУ

8 семестр – бакалавры

Содержание

- ***Машина Алана Тьюринга.***
- ***Определение квантового компьютера.***
- ***Породы котов Шредингера или «из чего сделаны кубиты».***
- ***Вычислительные задания – функции и задачи.***
- ***Примеры одно-, двух- и трёхкубитных гейтов.***
- ***Как квантовый компьютер вычисляет функцию 1+1=?***
- ***Квантовые алгоритмы или «как прочитать ответ».***
- ***Современное состояние квантовых вычислений.***
- ***Перспективы.***

… Когда рассвело, Фаум с помощью пальцев и веток пересчитал свое племя. Каждая ветка соответствовала количеству пальцев на обеих руках.

Остались: четыре ветки воинов, более шести веток женщин, около трех веток детей, несколько стариков.

Рони Старший
«Борьба за огонь»

Вычислительная база 1

THE CALCULATION OF ATOMIC STRUCTURES

BY

DOUGLAS R. HARTREE

John Humphrey Plummer Professor of Mathematical Physics in the University of Cambridge, England

NEW YORK, JOHN WILEY a. SONS, INC.
LONDON, CHAPMAN a. HALL, LTD.
1957

Д. ХАРТРИ

РАСЧЕТЫ АТОМНЫХ СТРУКТУР

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО
М. И. ПЕТРАШЕНЬ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ И С ПРЕДИСЛОВИЕМ
академика
В. А. ФОКА

ИЗДАТЕЛЬСТВО ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА, 1960

числение интеграла $\int\limits_a^r F(s)\,ds$ как функции верхнего предела r.

1. Определенный интеграл. Чтобы вычислить $\int\limits_a^b F(r)\,dr$ при фиксированных значениях a и b, разобьем область (a, b) на четное число промежутков и положим $r_0 = a$, $r_{2J} = b$ $[J = (b-a)/2(\Delta r)]$. Используя формулу (4.6), в которой следует положить $f' = F$, получаем

$$f_{2J} - f_0 = (f_2 - f_0) + (f_4 - f_2) + \ldots + (f_{2J} - f_{2J-2}) =$$
$$= 2(\Delta r)\left(\sum_i F_{2i+1} + \frac{1}{6}\sum_i \Delta^2 F_{2i+1} - \right.$$
$$\left. - \frac{1}{180}\sum_i \Delta^4 F_{2i+1}\right) + O(\Delta r)^6. \qquad (4.7)$$

В написанных суммах значения подынтегрального выражения и его четных разностей складываются не подряд, а *через одно*. Удобно выделить эти значения, заключив их в прямоугольники, как это сделано в примере 1. Этот пример иллюстрирует вычисление двух слагаемых в нормировочном интеграле $\int\limits_0^\infty P^2\,dr$, соответствующих двум промежуткам изменения r, в которых используются различные шаги Δr. Вклады от четвертых разностей подынтегрального выражения пренебрежимо малы.

Пример 1. Квадратуры (определенный интеграл). [Часть вычислений $\int\limits_0^\infty P^2 dr$ для радиальной волновой функции (3d) атома Mn^+.]

r	$P(r)$	$P^2(r)$		$\Delta^2(P^2)$
0,25	0,330	0,109		
			79	
0,30	0,431	0,186		11
			90	
0,35	0,525	$\boxed{0,276}$		$\boxed{4}$
			94	
0,40	0,608	0,370		−3
			91	
0,45	0,679	$\boxed{0,461}$		$\boxed{-7}$
			84	
0,50	0,738	0,545		−14
			70	
0,55	0,784	$\boxed{0,615}$		$\boxed{-14}$
			56	
0,60	0,819	0,671		−16
			40	
0,65	0,843	$\boxed{0,711}$		$\boxed{-13}$
			27	
0,70	0,859	0,738		−12
			14	
0,75	0,867	$\boxed{0,752}$		$\boxed{-11}$
			3	
0,80	0,869	0,755		

$r = 0,3$ до $0,8$

$\Sigma\Delta^2(P^2) = -41$

$\Sigma P^2 = 2,815$

$+\frac{1}{6}\Sigma\Delta^2(P^2) = -7$

$2,808$

$2(\Delta r) = 0,1$

$\int\limits_{0,3}^{0,8} P^2 dr = 0,281$

r	$P(r)$	$P^2(r)$		$\Delta^2(P^2)$
0,7	0,859	0,738		
			17	
0,8	0,869	0,755		−36
			−19	
0,9	0,858	$\boxed{0,736}$		$\boxed{-23}$
			−42	
1,0	0,833	0,694		−15
			−57	
1,1	0,798	$\boxed{0,637}$		$\boxed{-4}$
			−61	
1,2	0,759	0,576		−1
			−62	
1,3	0,717	$\boxed{0,514}$		$\boxed{4}$
			−58	
1,4	0,675	0,456		4
			−54	
1,5	0,634	$\boxed{0,402}$		$\boxed{5}$
			−49	
1,6	0,594	0,353		

$r = 0,8$ до $1,6$

$\Sigma\Delta^2(P^2) = -18$

$\Sigma P^2 = 2,289$

$+\frac{1}{6}\Sigma\Delta^2(P^2) = -3$

$2,286$

$2(\Delta r) = 0,2$

$\int\limits_{0,8}^{1,6} P^2 dr = 0,457$

Вклады от членов $\Delta^4(P^2)$ пренебрежимо малы. Величины, которые надо складывать, заключены в прямоугольники.

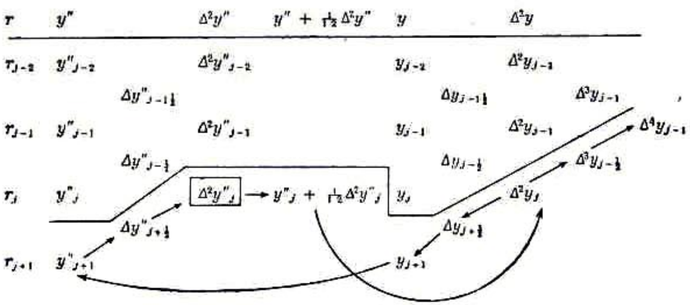
§ 4. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ВТОРОГО ПОРЯДКА, НЕ СОДЕРЖАЩЕЕ ПЕРВОЙ ПРОИЗВОДНОЙ

Дифференциальное уравнение второго порядка, не содержащее первой производной, есть наиболее удобный для численного интегрирования вид дифференциальных уравнений. Уравнения для радиальных волновых функций $P(nl; r)$ относятся именно к этому типу, то, что они линейны, является еще одним, хотя и менее важным, благоприятным обстоятельством.

Пусть имеется уравнение

$$\frac{d^2y}{dr^2} = f(r, y). \qquad (4.9)$$

Интегрирование производится при помощи формулы (4.2). Вычисления удобно располагать по следующей схеме:



Если интегрирование уже произведено до $r = r_j$, то нам известны все величины, расположенные выше сплошной (ломаной) линии. Интегрирование на промежутке Δr от r_j до r_{j+1} начинается с предварительной оценки величины $\Delta^2 y''_j$ (заключенной в прямоугольник); последовательность вычисления всех остальных величин показана на схеме стрелками. Окончательное значение $\Delta^2 y''_j$ получается по разностям, составленным с использованием вычисленного значения y''_{j+1}; если это значение $\Delta^2 y''_j$ отличается от исходного настолько, что это отличие может в пределах точности расчета сказаться на величине $\Delta y_{j+1/2}$, то следует ввести соответствующие поправки; если при этом

изменится y''_{j+1}, то снова следует ввести поправку. Лишь в редких случаях приходится повторять все относящиеся к данному промежутку вычисления.

После того как будет получено окончательное значение $\Delta^2 y_j$ (но не раньше), вычисления надо проверить следующим образом. Взяв разности от обеих частей формулы (4.2) и подставив значение $j-1$ вместо j, получим

$$\Delta^4 f_{j-1} = (\Delta r)^2 \left(\Delta^2 f''_{j-1} + \frac{1}{12} \Delta^4 f''_{j-1} \right) + O(\Delta r)^8. \qquad (4.10)$$

Величина $\Delta^4 f_{j-1}$ может быть получена из величины $\Delta^2 y_j$, уже вычисленной нами (как показано восходящими стрелками в правой части схемы), а величина $(\Delta r)^2 (\Delta^2 f''_{j-1} + {}^1/_{12}\Delta^4 f''_{j-1})$ может быть вычислена по разностям f''; все требуемые величины уже получены на данной стадии расчета. При этой проверке справедливы все замечания, сделанные в § 3 по поводу применения формулы (4.8) к проверке величины Δf. Остаются в силе также замечания о том, что два соседних промежутка интегрирования с различными величинами шага Δr должны перекрываться [1]).

Некоторая часть вычислений, произведенных при интегрировании уравнения с обменом для радиальной волновой функции, показана в примере 3. Уравнение имеет вид

$$\frac{d^2P}{dr^2} = -\left[S(r) \frac{P}{r} \right] + X(r).$$

Здесь $S(r)$ и $X(r)$ являются функциями r, точный вид которых не существен для данного примера; при определении функции P численным интегрированием они должны рассматриваться как *заданные*; общий характер их можно усмотреть из примера уравнений для десятиэлектронной системы, выведенных в гл. 3, § 4.

Пример 3. Интегрирование уравнения второго порядка. $\frac{d^2P}{dr^2} = -\frac{S}{r}P + X(r)$ для состояния $(3d)$ иона Mn^+,

[1]) Дальнейшее разъяснение процесса численного интегрирования см. в книге [2].

0260		1	12	0010	0256	0001		15
1			0					
2			05	0530	0611	0613	1	
3			04	5000	5014	0614	32/625	
4			04	5006	5015	0615		
5			44	0615		0615		
6			05	0614	0615	0616		
7			05	0613	0616	0616		
0270		1		0616		1506	1506 7 1510 III	
1				0401		4400	α	
2				7762		4402		
3			04	5004	0512	4403		
4				7762		4401		16
5		4	52			0302		
6			16	0277	4500	4525		
7		1		4600		0620		
0300			01	4401	7761	4401	F_1 0620 1 2	
1		1	12	0002	0276	0001		
2			0					
3			04	5004	0513	4403		
4				7762		4401		
5		4	52			0312		
6			16	0307	4500	4525		
7		1		4600		0623		

A5

1040			01	7761	4401	4401	104 5(6 7^4 10 ~~11~~	3	+
1		1	12	0005	1036	0001		2	
2			0					3	
3			04	7761	0100	0112	$1/n$	4	
4			01	7764	0112	0113	$1/n + 1/2$	5	
5			01	0113	7761	0114	$1/n + 3/2$	6	?
6			05	0113	0113	0115	$(\quad 1/2)^2$ <u>0115</u>	7	
7			05	0113	0115	0116	$)^3$ $x \to e^x$	8	?
1050			05	0114	0114	0117	$)^2$	9	
1			05	0114	0117	0120	$)^3$	10	?
2			05	0114	0120	0121	$)^4$	11	?
3			05	0114	0121	0122	$)^5$ 3 4	12	
4			02		7761	0125	-1 <u>0125</u>	4	
5			05	0114	0122	0123	$)^6$	2	
6			05	0114	0123	0124	$)^7$	3	
7				7761		0126		4	
1060				7761		0127		5	
1				7761		0130		6	
2			0	00		0131	0	7	
3			02		7762	0132		8	
4			02		4003	0133		9	
5			02		4004	0134		10	
6		4	52			1074		11	
7			0			0135		12	

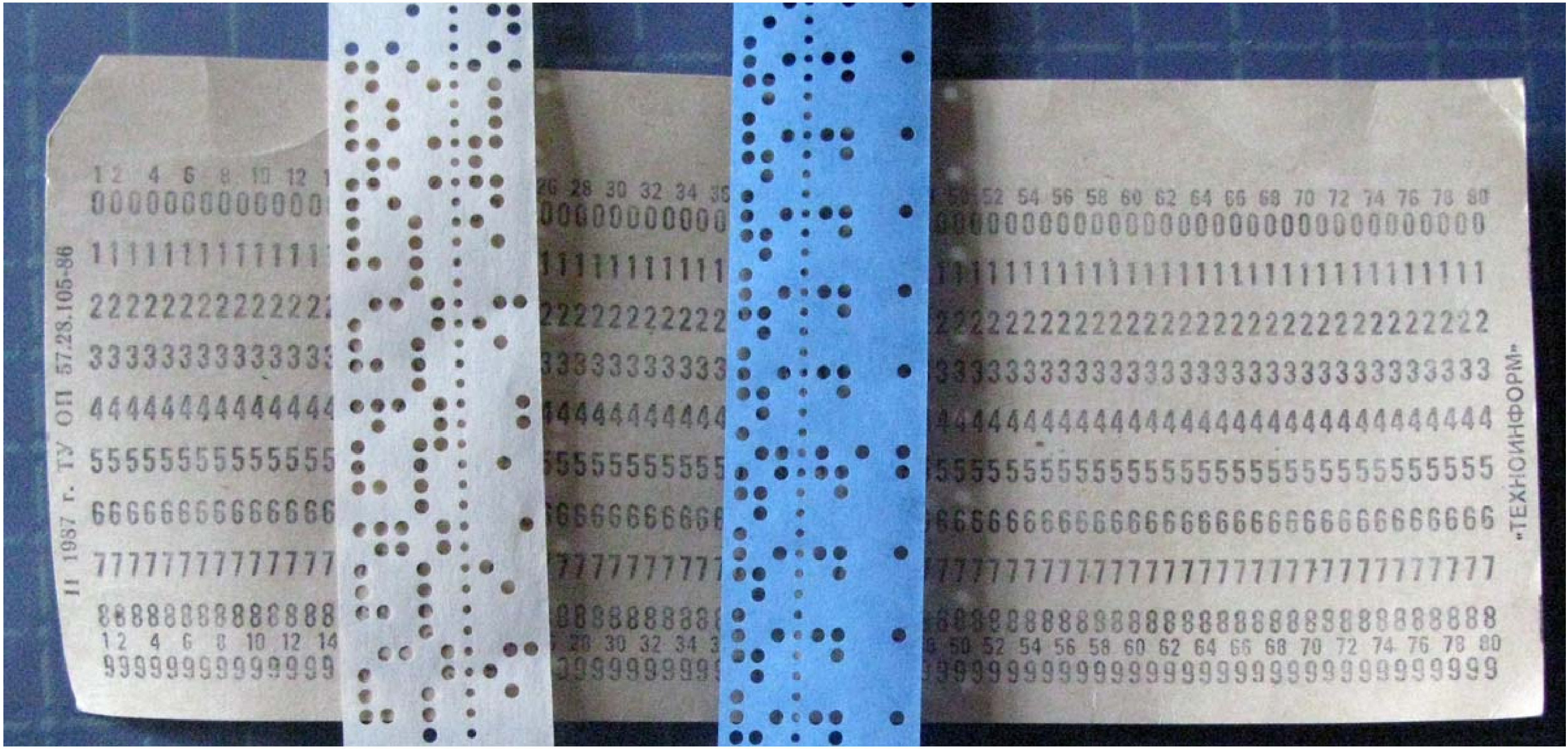
$= -\frac{64\cdot 9}{36\cdot 36\cdot 36}\left(1-\frac{1}{4}\,\frac{4\cdot 9}{(n'-n)^2}\right)(n'-n)^2 = \; =$ 0.1111...

$= +\frac{64\cdot 9\cdot \cancel{36}}{36\cdot 36\cdot \cancel{36}} = \frac{64\cdot}{4\cdot 364} = \frac{16}{36} = \frac{4}{9} = 0.\cancel{4}4444\ldots$

2-я тип. Изд-ва «Наука». 1339 —1

$\langle np \,|\, \frac{r^{10}}{\cdot 2} \,|\, n'p \rangle \; (n = n' = 3) = -\frac{8}{3}\,\frac{(n'-n)^2}{6^6}\cdot 3^2\,\frac{8}{(n'-n)^4}\cdot F\left(-1,-1,4,-\frac{4\cdot 9}{(n'-n)^2}\right) =$

Вычислительная база 2



Московский фестиваль науки 2012 года
Шуваловский корпус МГУ
В МГУ показали экспонаты Лондонского музея науки
Лекция доктора Тилли Блит (Tilly Blyth)
«Декодирование и искусственный интеллект: жизнь и наследие Алана Тьюринга»
(к 100-летию со дня рождения математика).

Алан Тьюринг (1912-1954) – один из величайших математиков Англии, логик, специалист по криптоанализу и информационным технологиям. Расшифровал код Энигмы во время ВОВ.
В МГУ был выставлен пилотный вариант компьютера ACE, который он спроектировал в 1946 году, и части его дешифровальной машины «Бомба».

Озвучено Стивеном Хокингом в канун XXI века (1998 год) в Белом доме в США:

«Gordon Moor (INTEL):

скорость и сложность компьютеров удваивается каждые 18 месяцев.

Прогноз на 2020 год:

Частота порядка 10^{15} Гц

Размеры порядка 10^{-11} м».

Препятствие на этом пути– «квантовые шумы»

Сейчас (начало XXI века):

Частота порядка 10^{9} Гц

Размеры порядка 10^{-6} м

Определение квантового компьютера

D.Deutsch, 1985: «Квантовый компьютер – это материальное вычислительное устройство, работающее безошибочно, имеющее неограниченные возможности памяти и использующее квантовые эффекты программируемым способом».

Может одномоментно реализовывать просчет суперпозиции нескольких схем свободной эволюции базисных состояний системы с гамильтонианом H и получать конечное состояние с учетом интерференции этих путей (квантовый параллелизм).

Состояние на выходе может быть когерентной суперпозицией состояний, соответствующих различным ответам, каждый из которых является решением задачи.

Десятичная система исчисления:

$$1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0 = 1245$$

Восьмеричная система исчисления:

$$2 \times 8^3 + 3 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 5 \times 8^0 = 2335$$

Переведем это восьмеричное число 2335 в десятичную систему исчисления:

$$1024 + 192 + 24 + 5 = 1245$$

Восьмеричная система исчисления	Десятичная система исчисления
Двоичный код	Десятичный код
0	0
1	1
10	2
11	3
100	4
101	5
110	6
111	7
1 000	8
1 001	9
1 010	10

В двоичном коде восьмеричное число 2335 запишется как 010 011 011 101

Представление информации:

Машина Алана Тьюринга
Классическая (Булева) логика от Аристотеля:
ДА - НЕТ

Нечеткая логика (“fuzzy”, 1943):
ДА - НЕТ - МОЖЕТ БЫТЬ
(«высоко-низко», «далеко-близко», «тепло» и т.п.)

Аналоговые вычисления – представление информации в виде форм реальных объектов, например, «кулачков», распределений токов, напряжений, температуры и т.п.

Давно «в оборонке»:
Материальные устройства, обладавшие физическими свойствами обрабатывать информацию должным образом на уровне точности исполнения законов природы.

Сверхбыстрая обработка данных радиолокационных станций и сонаров.
Процессоры, в которых информация представлялась структурой волновых полей света.

Квантовая логика: 1935 , Год рождения «Кота Шредингера»

Ружье нацелено на кота и управляется частицей со спином, пролетающей мимо. Спин «*вверх*» – ружье стреляет, спин «*вниз*» - не стреляет

U = α |*спин вверх*> + β |*спин вниз*>

Какие «породы котов Шредингера» бывают или «из чего делают кубиты»:

- **линейно поляризованный фотон :**
  (| 0> - поляризация по оси X, | 1> - поляризация по оси У);
- **ядро атома в молекуле со спином ядра ½ :**
  (|0> - проекция спина направлена вниз, |1> - направлена вверх);
- **SQUIDы – сверхпроводящие устройства квантовой интерференции, в которых ток одновременно течет по и против часовой стрелки :**
  (|0> - ток течет по часовой стрелке, |1> - против часовой стрелки);
- **ионы с полным моментом ½ в магнитных ловушках :**
  (|0> - проекция спина направлена вниз, |1> - направлена вверх);
- **и много др.**

Теорема о невозможности копирования (клонирования) кубитов:

«<u>НЕИЗВЕСТНОЕ</u> квантовое состояние не может быть клонировано».

***<u>Предположим обратное</u>*: существует унитарное преобразование**

$$U_{clon} |y> |0> = |y> |y>;$$

$$U_{clon} |c> |0> = |c> |c>.$$

<u>Рассмотрим</u>

$$|s> = N (|y> + |c>) \qquad (1)$$

<u>Тогда</u> $U_{clon} |s> |0> = |s> |s>,$ ***<u>НО</u>***

$$U_{clon} |s> |0> = N\, U_{clon} (|y> + |c>) |0> = N (|y>|y> + |c>|c>),$$

что <u>не равно</u> $|s> |s>$, поскольку [(см. (1)]

$$|s> |s> = N^2 (|y>|y> + |c>|y> + |y>|c>| + |c>|c>).$$

Вычислительные задания

Вычисление функций — *Решение задач*

Примеры вычислительных заданий:

1+1=?

Найти сумму двух чисел, каждое из которых меньше или равно 1.

Поиск наименьшего простого множителя

Поиск множителя заданного составного числа

Реализует:

Машина Тьюринга

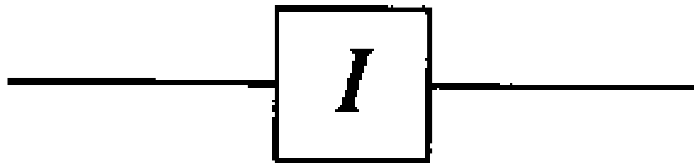
Квантовый компьютер

Нужно получить:

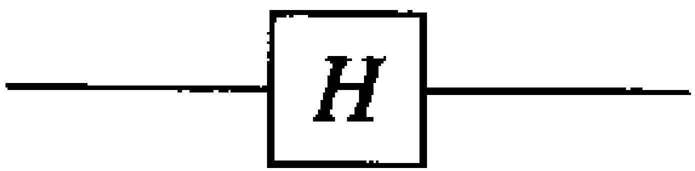
Единственное выходное значение, являющееся функцией от входных данных

Любое одно выходное значение, имеющее функцией определенное свойство

Однокубитные гейты

Unity 

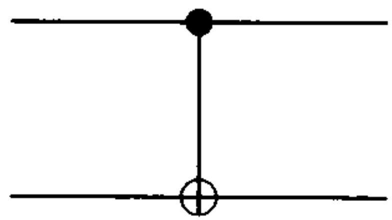
$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Hadamard 

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Двухкубитный гейт CNOT

CNOT
(XOR)

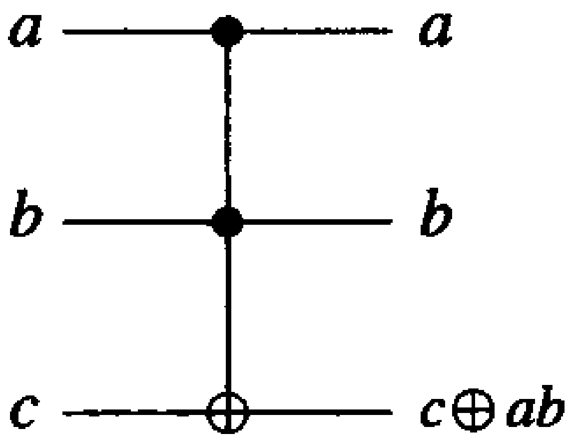


In a	b
0	0
0	1
1	0
1	1

In a’	b’
0	0
0	1
1	1
1	0

Трёхкубитный гейт CCNOT

Toffoli (CCNOT) gate



In a,b,c	Out a',b',c'
0 0 0	0 0 0
0 0 1	0 0 1
0 1 0	0 1 0
0 1 1	0 1 1
1 0 0	1 0 0
1 0 1	1 0 1
1 1 0	1 1 1
1 1 1	1 1 0

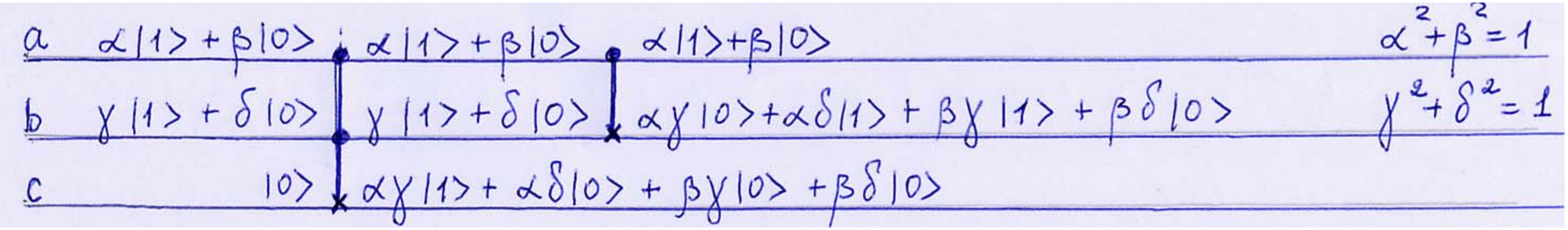
Задача:

получить сумму 2 целых чисел, каждое из которых меньше или равно 1.

Требуется 3 кубита: a, b, c.

Первое слагаемое находится в кубите «a»
Второе слагаемое находится в кубите «b»
Кубит «c» первоначально содержит «0».

Суммирование чисел, содержащихся в кубитах «a» и «b», осуществляется при последовательном выполнении гейтов CCNOT и CNOT.



При выполнении гейта CCNOT:

содержимое кубитов «a» и «b» сохраняется;

содержимое кубита меняется на «1», только если «a» и «b» одновременно содержат «1».

При выполнении далее гейта CNOT:

Содержимое кубитов «a» и «c» сохраняется;

Кубит «b» сохраняет содержимое, если в «a» после выполнения CCNOT содержится «0», и меняется, если «a» = «1».

Ответ:

Низший разряд числа, равного сумме чисел «a» и «b», находится в кубите «b», следующий разряд - в кубите «c».

$$\Sigma = |cb\rangle = \alpha\gamma|10\rangle + \alpha\delta|01\rangle + \beta\gamma|01\rangle + \beta\delta|00\rangle\ ; \quad \alpha^2\gamma^2 + \alpha^2\delta^2 + \beta^2\gamma^2 + \beta^2\delta^2 = 1\ ;$$

$$\Sigma = |cb\rangle = \alpha\gamma\,|10\rangle + (\alpha\delta + \beta\gamma)\,|01\rangle + \beta\delta\,|00\rangle$$

В десятичной системе исчисления этому результату соответствует

$$\Sigma = \alpha\gamma \cdot 2 + (\alpha\delta + \beta\gamma)\cdot 1 + \beta\delta \cdot 0\ ;$$

если $\alpha = \gamma = 1$, а $\beta = \delta = 0$, то $\Sigma = 2$ (функция "1+1"=2)

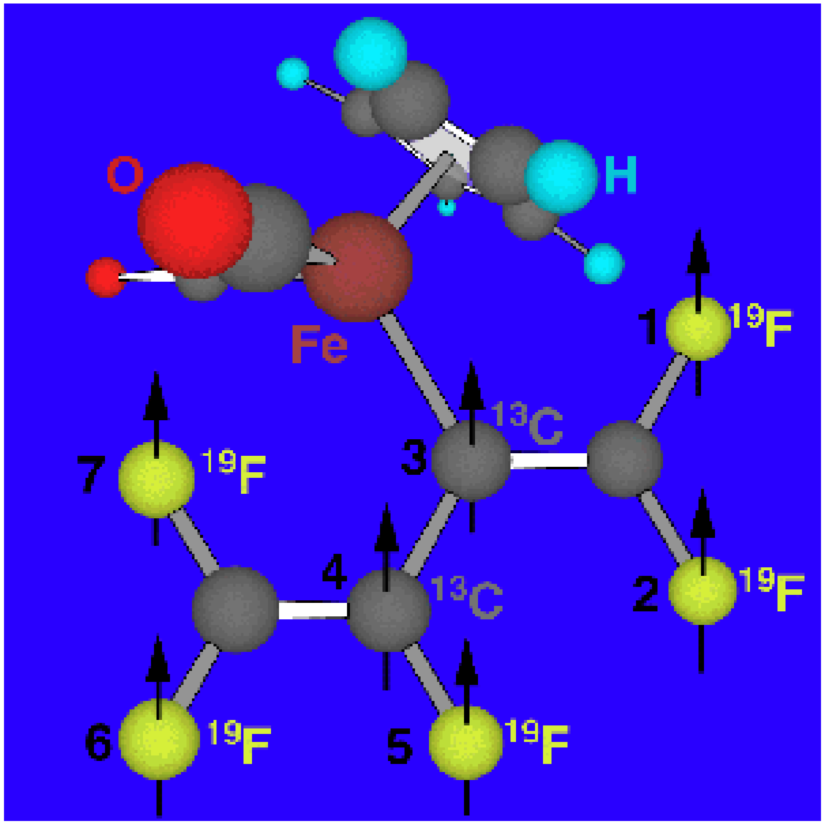
<u>Первые разработанные квантовые алгоритмы:</u>

Peter W. Shor <u>(1997 год)</u>
– факторизация целых чисел;

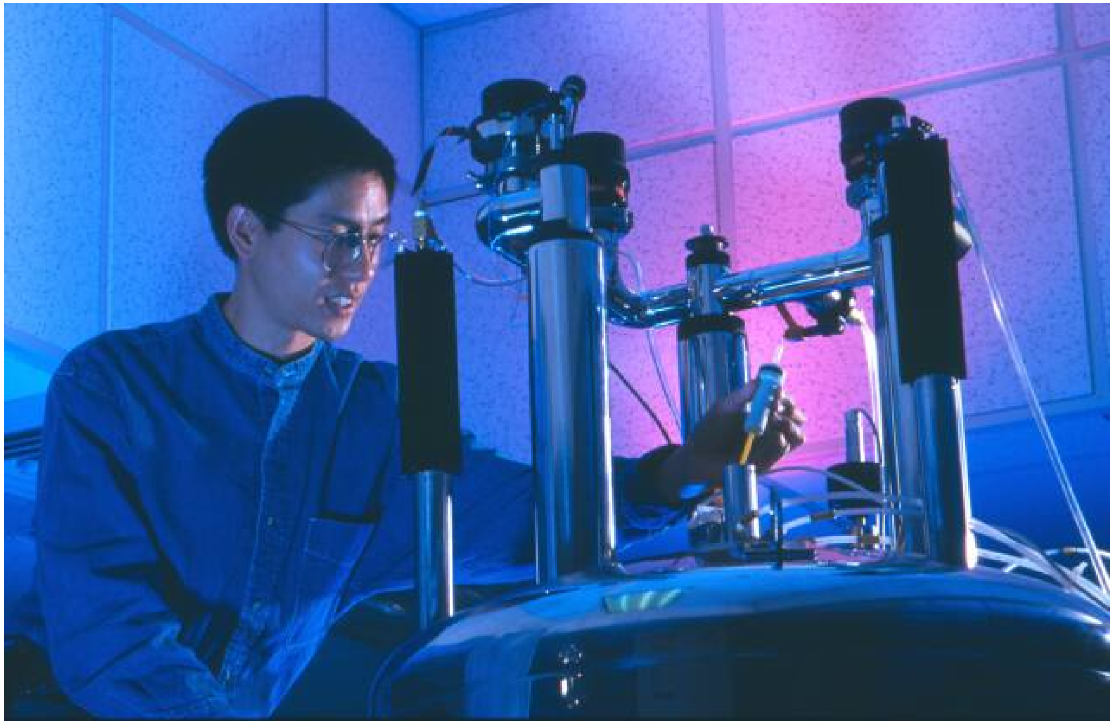
David Deutsch - Richard Jozka
<u>(1992 год)</u>
- поиск в неотсортированных базах данных

Lov Grover (1997) -
криптография;

Разложение на простые множители



Молекула **перфлюоробутадиенила** была использована в качестве рабочего вещества вычислителя, разложившего с помощью алгоритма Шора в 2001 году в Исследовательском центре IBM (вместе со Стэнфордским университетом) в Калифорнии США число 15 на простые множители. В пробирке с жидкостью находились мириады вычислителей.



Один из создателей лабораторного квантового компьютера профессор Айзек Чуанг в Исследовательском центре IBM США помещает колбу с раствором, содержащим невообразимо большое число молекул перфлюоробутадиенила - семикубитовых квантовых компьютеров на ЯМР-сканер.

Образец программы работы квантового компьютера, использующего явление Ядерного Магнитного Резонанса (ЯМР)

Радиочастотные импульсы управляют ядерными спинами нескольких «машин» (молекул) по одной программе синхронно.

Программа гейтов, имеющая следствием соответствующее изменение в определенной последовательности содержимого кубитов, и будет являться программой для вычисления на квантовом компьютере.

Выглядеть такая программа может, например, как последовательность однокубитных гейтов типа

$$A_j = (\pi/2)_j y \ - (\pi)_j x.$$

Этот гейт читается следующим образом: подействовать импульсом вдоль оси y, который повернет спин j-го ядра на 90 градусов; далее подействовать импульсом вдоль оси x, который повернет спин j-го ядра на 180 градусов.

Двухкубитные гейты программы B_{jk} конструируется с учетом связи двух кубитов.

2011 год:

Число 143 разложено на простые множители с использованием 4 кубитов

Первая реализация квантового алгоритма поиска в неотсортированных базах данных

(алгоритма David'а Deutsch'а и Richard'а Jozka)

Из ряда 1.2.3.4 выбрано нечетное число больше 2.

В отличие от обычных компьютеров,
квантовый компьютер решил эту за-дачу
за одно, а не за четыре действия.

25 мая 2011 года

Lockheed Martin (американские военные) приобрели у D-Wave Systems и заключили длительный контракт на обслуживание и поддержку квантового компьютера, разрядностью 128 квантовых битов (qubits).

(10 миллионов $)

Сердце квантового компьютера D-Wave работает при температуре в 20 микрокельвинов, т.е. на 2 стотысячных доли градуса выше абсолютного нуля.

Помещение, в котором установлен квантовый компьютер, тщательно экранировано от внешних электрических и магнитных полей, это позволяет блокировать радиоволны и избежать влияния внешней среды на работу квантового процессора компьютера. "Это одно из самых холодных и наиболее экранированных от магнитных полей мест на земном шаре" - рассказывает профессор Даниэль Лидэр (Daniel Lidar) - научный руководитель нового вычислительного центра.

22 марта 2012

Несколько дней назад американская компания D-Wave анонсировала начало продаж первой вычислительной системы D-Wave One с квантовым процессором Rainier

D-Wave Systems (Канада, Ванкувер) - единственный на сегодняшний день производитель квантовых компьютеров.

16 апреля 2012 года

Компания D-Wave Systems

(Зэнгбинг Биэн (Zhengbing Bian) - ученый компании D-Wave)

объявили о том, что им удалось с помощью своего квантового компьютера решить одну из наиболее "тяжелых" вычислительных задач - очень ресурсоемкой вычислительной задачи построения двухцветного графа чисел Рамсея

Сообщение от 16 апреля 2012 года:

«Нахождение чисел Рамсея»

Теория Рамсея

В 1928 году Фрэнк Пламптон Рамсей доказал, что полная неупорядоченность невозможна. Каждое достаточно большое множество чисел, точек или объектов обязательно содержит высоко упорядоченную структуру.

Любая структура обязательно содержит упорядоченную подструктуру.

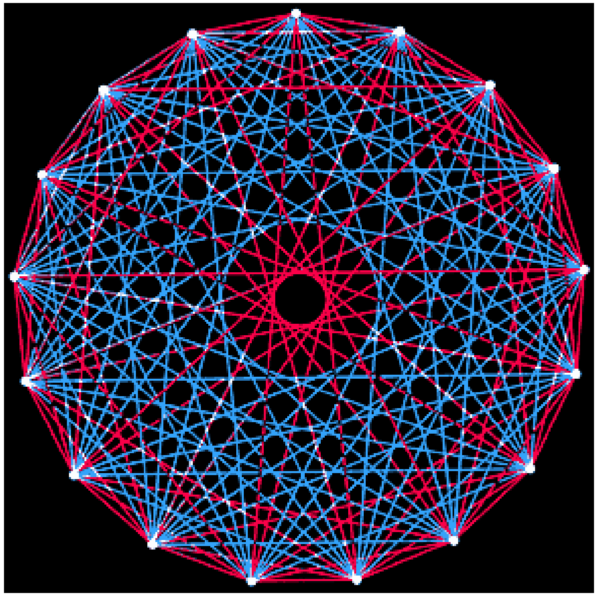
Полный беспорядок невозможен!

В общем виде:

«Если число объектов в совокупности достаточно велико и каждые два объекта связывает одно из набора отношений, то всегда существует подмножество данной совокупности, содержащее заданное число объектов, и при этом такое, что в нём все объекты связаны отношением одного типа».

Например, сколь велико должно быть множество звёзд, чисел или каких-либо объектов, чтобы можно было гарантировать существование определённой желаемой подструктуры?

Например, какое количество людей достаточно для того, чтобы образовать группу, в которой всегда окажется либо четверо людей, знакомых друг с другом, либо четверо, друг с другом незнакомых? (*ответ: 18*)

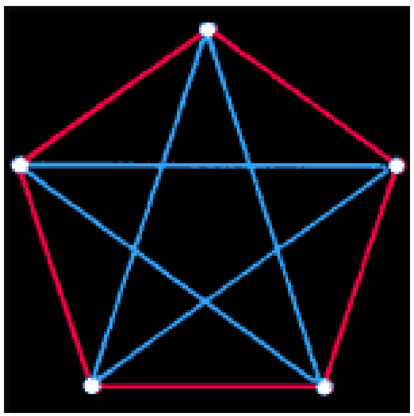


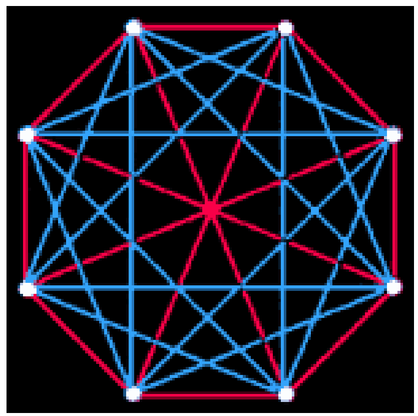
Головоломка о вечеринке представляет собой задачу, типичную для приложений теории Рамсея. Какое количество людей достаточно для того, чтобы образовать группу, в которой всегда окажется либо четверо людей знакомых друг с другом, либо четверо, друг с другом незнакомых? На этом рисунке гости представлены точками. Каждое красное ребро на этом графе соединяет гостей, знакомых друг с другом, а каждое синее — незнакомых. В группе из 17 точек, изображённых на рисунке, невозможно найти четыре точки, для которых сеть соединяющих их рёбер была бы целиком красной или целиком синей. Поэтому требуется более 17 человек, чтобы среди них обязательно оказалось либо четверо знакомых, либо четверо незнакомых друг с другом. На самом деле во всякой группе из 18 человек всегда найдутся либо четверо знакомых, либо четверо незнакомых друг с другом.

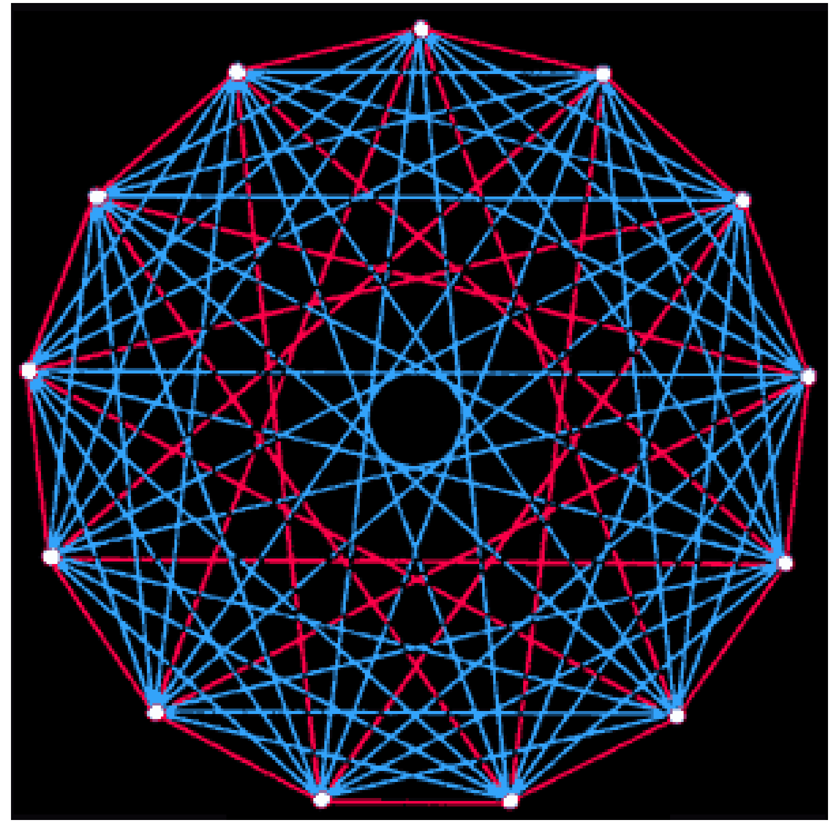
Числа Рамсея определяются как

наименьшее значение *n*, для которого

в любой группе из *n* точек
• либо некоторая группа из *j* точек образует полную сеть красных рёбер,
• либо некоторая группа из *k* точек образует полную сеть синих рёбер.

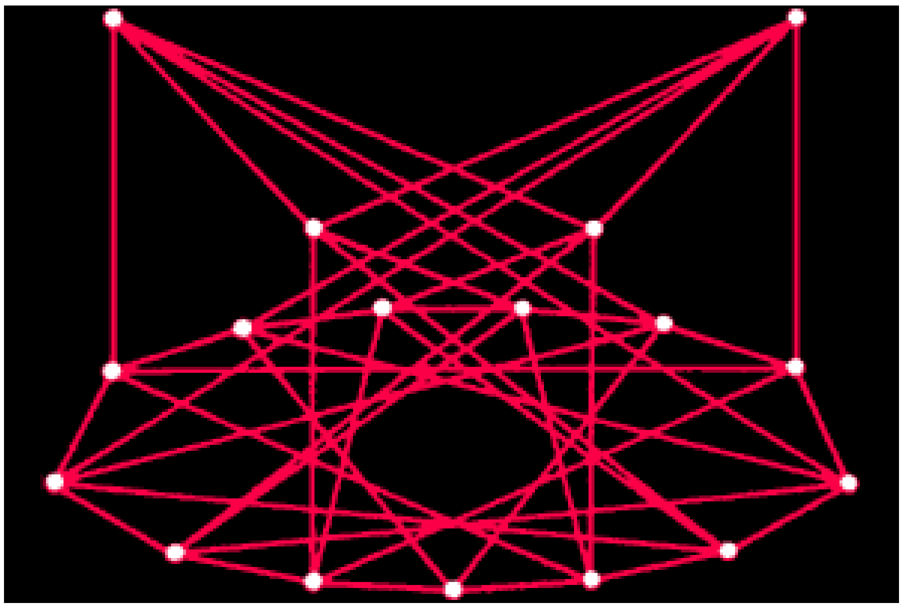


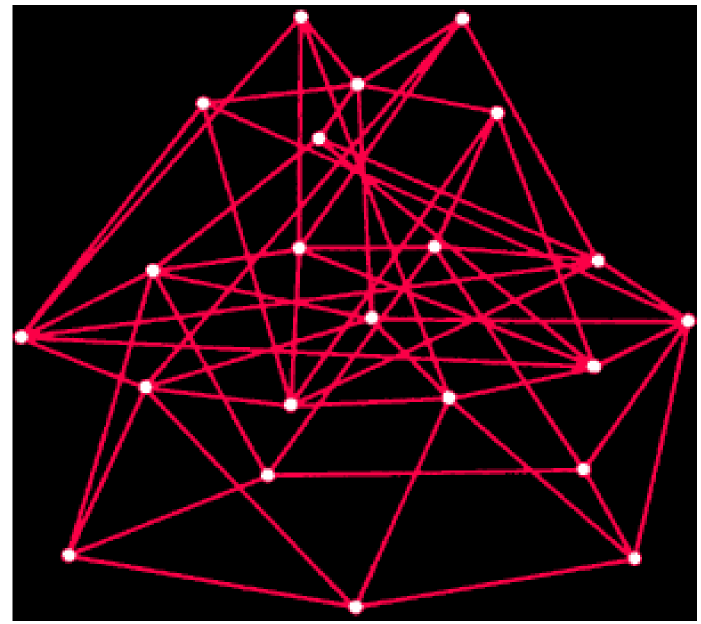




[redacted]

$5 < R(3,3) = 6$ **$8 < R(3,4) = 9$** **$13 < R(3,5) = 14$**

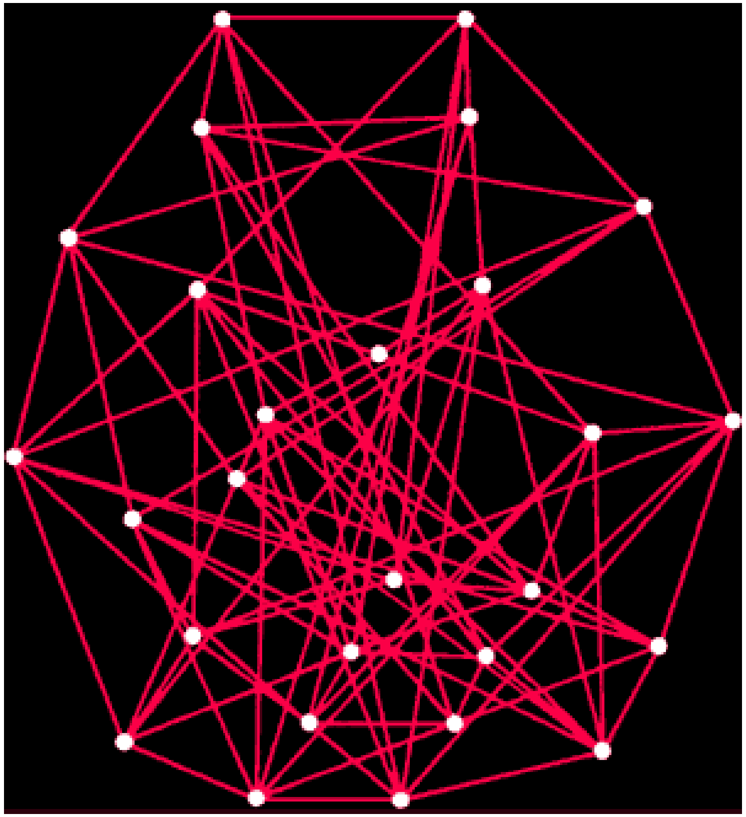


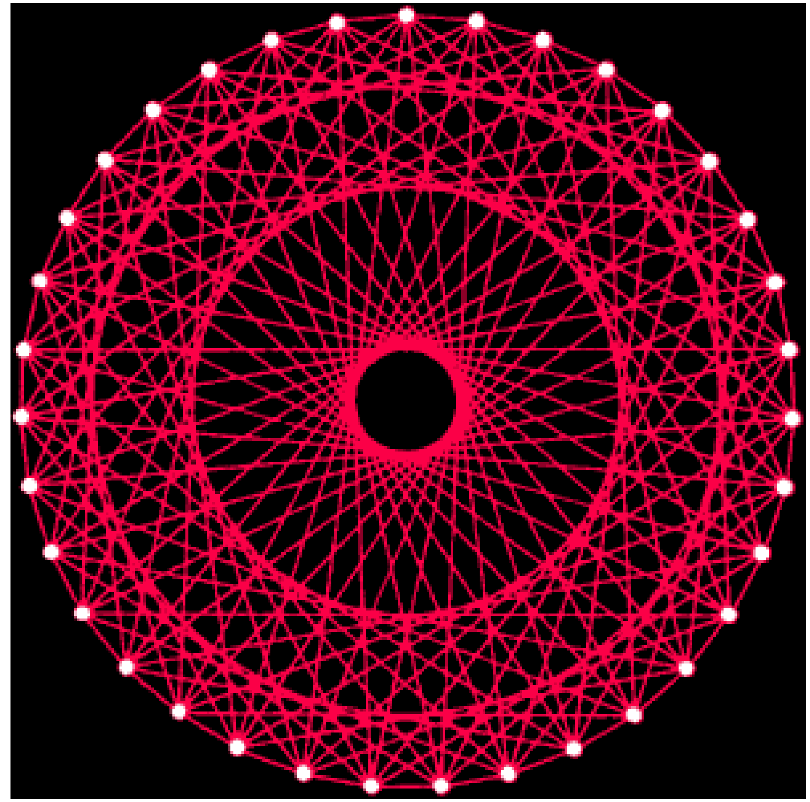


[redacted]

17 < *R*(3,6) = 18

22 < *R*(3,7) = 23





[redacted]

27 < *R*(3,8) ≤ 29

35 < *R*(3,9) = 36

Относительно числа Рамсея для трёх красных и восьми синих было доказано, что оно больше 27 и меньше или равно 29.

Недавно было показано (но пока не подтверждено), что оно равно 28.

Зэнгбинг Биэн (Zhengbing Bian)
Решение этой задачи для компьютера является невероятно трудным с точки зрения ресурсов и вычислительной мощности.
На решение этой задачи обычному компьютеру средней мощности потребовалось бы 10^{250} лет времени.
Квантовому компьютеру D-Wave на это потребовалось всего 270 миллисекунд.

Задача Рамсея в частных случаях была решена математиками ранее другими методами. Выданные компьютером D-Wave результаты совпали с одним из восьми правильных ее решений.

Непосредственно для решения задачи Рамсея в вычислениях было задействовано 28 кубитов, 56 использовались для поиска и устранения ошибок.

Сообщение 2012 года:

«Компания Google обсуждает с D-Wave Systems возможность приобретения и использования квантового компьютера компании для своей поисковой системы».

23 августа 2012 года

Объявлено об успешном решении задачи о нахождении трёхмерной формы белка по известной последовательности аминокислот в его составе с использованием 115 кубитов квантового компьютера D-Wave One из 128 имеющихся методом квантового отжига

История вопроса

1948 **Claude Shennon - открыл принцип квантования информации;**
Ключевой момент информатики, классической или квантовой, есть квантование информации – представление информации с использованием наименьшей доли (кванта) памяти, допускающее ее правильное воспроизведение или ее передачу.
Claude Shannon и John von Neuman (Джон фон Нойман) связали это с энтропией, соответственно, в классической и квантовой информатике.

1960 **Richard P. Feynman – "There's plenty of room at the bottom" .** ***Eng. Sci. February;***

1980 **Юрий Манин. Вычислимое и невычислимое. М.:** ***Советское радио, с.128;***

1980 **Paul Benioff – Теоретические основы квантового компьютера: «Обратимая унитарная эволюция в состоянии реализовать вычислительный потенциал машины».** ***J. Statist. Phys. 22, 563;***

1981 **Richard P. Feymman . Первая модель квантового компьютера.** ***Int. J. Theor. Phys. 21, 467;***

1989, 1995
David Deutsch . – "квантовый параллелизм". ***Proc. Roy. Soc. London. A 400, 97.***

Лауреатами Нобелевской премии по физике 2012 года

Нобелевский комитет присудил Премию по физике 2012 года французу Сержу Харошу (Serge Haroche) и американцу Дэвиду Вайнленду (David Wineland), отметив разработанные учёными «новаторские экспериментальные методики, которые дали возможность измерять отдельные квантовые системы и манипулировать ими».

Серж Харош (слева) и Дэвид Вайнленд

Валиев Камиль Ахметович
(1931–2010) –

выдающийся российский ученый, физик-теоретик и экспериментатор с мировым именем, один из создателей отечественной электронной промышленности, академик РАН и ряда иностранных академий. В последние годы жизни занимался разработкой теоретических основ квантовых ЭВМ.

По инициативе К.А.Валиева в МГУ имени М.В.Ломоносова была создана кафедра квантовой информатики, которую он же возглавлял вплоть до своей кончины . Совместно с МГУ он учредил новый международный журнал «Квантовые компьютеры и квантовые вычисления».

«Что касается квантовых компьютеров, они в принципе способны решать огромное количество задач, которые считаются практически неразрешимыми на любых современных компьютерах. Крупные математики уже работают над созданием алгоритмов для будущих квантовых компьютеров. Среди них есть такие суперматематические задачи, для решения которых даже самым мощным современным компьютерам (порядка 10–20 терафлоп) потребуются миллионы лет. Как раз такие сверхпроблемные задачи смогут решать будущие квантовые компьютеры и делать вычисления за какие-то 10–15 часов. То есть речь идет о совершенно новом уровне информационных технологий. Первые образцы квантовых компьютеров, видимо, будут весьма громоздкими, напоминающими первые суперкомпьютеры, поскольку их скорее всего придется охлаждать жидким гелием, чтобы максимально снизить уровень шумов. В дальнейшем они будут усовершенствованы до объемов кубических нанометров. По большому счету речь идет о замене миллиардов чипов «микроустройством» из нескольких тысяч атомов. Абсолютно изящный, архиэкономичный объем! Я не исключаю, что квантовые компьютеры и другие тонкие квантовые технологии уже в XXI веке смогут значительно превзойти человеческий разум по своим мыслительным и творческим возможностям».

Академик РАН Камиль Ахметович Валиев:

**«Грантов всем хватает.
В 2000 году американское правительство объявило неограниченный набор специалистов для работы по квантовым вычислениям. Им обеспечен вид на жительство и различные льготы».**

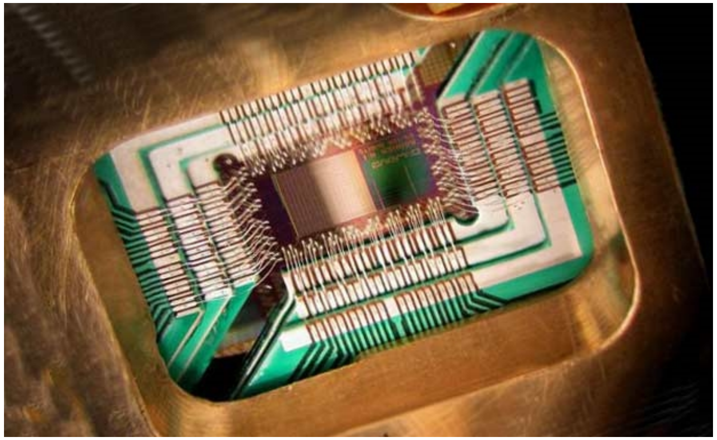
Главная » 2013 » Июнь » 7 »Первый в мире квантовый компьютер мыслит как человек

В прошлую пятницу NASA объединилось с Google для инвестирования в первый в мире квантовый компьютер. Имея цену в 15 миллионов долларов, этот гигантский массив процессоров будет использовать квантовые вычисления для достижения неслыханных скоростей, в 3600 раз превышающих скорости традиционных компьютеров. Канадский «D-Wave-Two» — это первая коммерчески доступная вычислительная система, которая использует квантовое туннелирование для решения сложных математических уравнений

NASA и Google купят осенью 2013 квантовый компьютер небывалой мощности

Новая вычислительная машина не совсем вписывается в условное понятие «квантового компьютера», но использует квантовые эффекты

пятница 17 мая 2013



К концу 2013 квантовый компьютер, который использует для вычислений эффекты «квантовой физики» и стоит около 15 миллионов долларов США, должен быть установлен на ключевых объектах NASA

В России созданы предпосылки для построения квантового компьютера

1 Июля 2013 МОСКВА, РИА Новости.

Впервые в России измерено состояние квантового кубита – компонента, необходимого для построения квантового компьютера, сообщает издание Digit.ru со ссылкой на пресс-службу Российского квантового центра.

Кубит — компонент квантового компьютера,
и измерение его состояния — необходимый шаг для создания подобного компьютера.

Это измерение было произведено в лаборатории университета МИСиС в рамках проекта, осуществленного совместно с научно-исследовательской организацией
Российский квантовый центр (РКЦ).

Исследованием руководил член научного совета РКЦ профессор Алексей Устинов.

На данный момент коммерческие поставки квантовых компьютеров в мире
осуществляет только канадская компания D-Wave,
и Россия еще имеет шанс включиться в мировую индустрию создания этих компьютеров.

Его эффективность до сих пор не доказана, но перспективы его применения
изучают NASA, Google и другие организации.

**Стремительный прогресс в области квантовых технологий
в следующем году активнее прежнего будет поддерживаться и из России.
В декабре 2012 года фонд «Сколково» выделил значительный
грант (1,33 млрд рублей) Российскому квантовому центру (РКЦ).
Эти деньги пойдут на поддержку исследований по квантовой оптике,
обработке квантовой информации и квантовому конструированию.
Российский квантовый центр — международная научно-исследовательская организация,
работающая в области квантовой физики.
В рамках квантового центра, в частности, планируется разработать
безопасные сети передачи данных, новые материалы с заданными свойствами,
субмикронные оптические транзисторы, системы высокочастотной оптической электроники.**

**«Сколько было распято, убито, как бурлила мысль, томясь во мгле,
Чтоб сегодня просто и открыто роботы шагали по Земле.
Пусть они пока что неуклюжи, как и мы в младенческие дни,
Но уже теперь мы чем-то хуже, послабее, что ли, чем они.**

**Человек ведь многого не может. Но для беспокойства нет причин.
Превосходство? Вас ведь не тревожит превосходство всех других машин.
Будут крепнуть. Смогут всё с годами, нам служа, не мучась, не любя,
И воспроизводиться станут сами, даже совершенствовать себя.**

**И на что мы сможем им сгодиться? Суета, а пользы никакой!
И они от нас освободиться захотят – по логике самой.
И пойдут… и мёртвые, раздавят с помощью науки нас, живых...
Что мы сможем противопоставить точной мысли, заключённой в них.**

**Пусть их мир не будет нами признан. Мы исчезнем в той кромешной мгле,
И пойдёт развитие без жизни на видавшей всякое Земле.
Смолкнут споры, наша неуклюжесть сгинет с нами вмиг в чаду огня!
Ни таких, как у меня, замужеств, ни таких женитьб, как у тебя…**

**Всё быстрей они плодиться станут. Что ж такого? …Быта колея…
Но наступит день, и недостанет на Земле для этого сырья.
И упрутся роботы натужно, не сходя упрямо с колеи,
Будто им на самом деле нужно создавать подобия свои!?**

**Будто есть душа в железном теле, будто впрямь доступна неживым
Тяга к счастью, будто в самом деле их существованье нужно им!?
Без глубоких дум и дум печальных вновь в одну из тех густых минут
Ближние сбираться против дальних волей древней логики начнут.**

**Вряд ли целым выйдет кто из боя, опрокинув царство вечной тьмы…
Только нам о том грустить не стоит, это будут роботы, не мы…»**

Стихотворение было напечатано в учебном пособии по программированию, изданном ротапринтным образом под редакцией профессора М.Р.Шура-Бура – основателя одной из научных школ отечественного программирования. Я увидела, прочитала и запомнила (возможно, не точно) это стихотворение в 1963 году. Воспроизвожу по памяти. Пунктуация моя.

С.И.Страхова

Оказалось, что Наум Коржавин написал 1958 году под названием «Кибернетика» целую поэму. Фрагменты её и были опубликованы в учебном пособии М.Р.Шура-Бура в1963 году.

Д.Е.Ланской сообщил мне эту информацию в 2012 году и показал изданную в 2004 году книгу Н.Коржавина с напечатанной там поэмой «Кибернетика».

СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!