

# Всероссийская научно-образовательная школа "Квантовый скачок"



# КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Хомякова К.И. Квантовый центр ТГУ qtcenter.tsu.ru Контакты: +7 913 109 9359 Homiackowa.kristina@yandex.ru

# Содержание



1

Введение



Первая квантовая революция



Вторая квантовая революция



Квантовые технологии



Квантовая сенсорика и метрология



Квантовые коммуникации

7

Квантовые вычисления



Квантовый компьютер



Участники «Квантовой гонки»



#### Что такое квант?

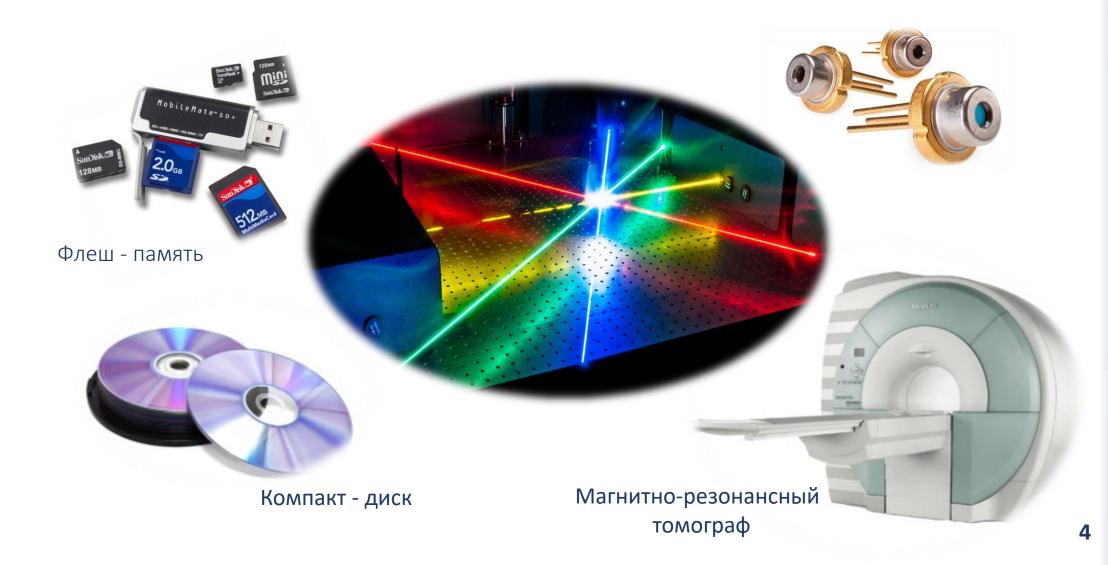


• КВАНТ — фундаментальная (минимальная и неделимая) порция энергии, а также соответствующая ей частица (например, квант света — фотон).

### ПЕРВАЯ КВАНТОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ



• Коллективные квантовые явления:



### ВТОРАЯ КВАНТОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ



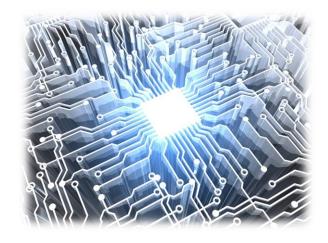
• Индивидуальные квантовые системы:



#### КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



- Квантовая сенсорика и метрология
- > Квантовая передача информации
- Квантовые вычисления
- Квантовый компьютер



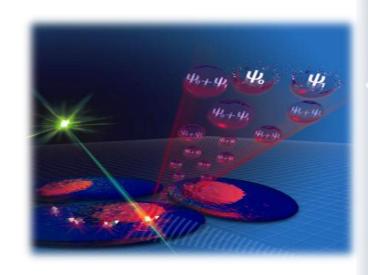




# КВАНТОВАЯ СЕНСОРИКА И МЕТРОЛОГИЯ



Квантовые сенсоры — высокоточные измерительные приборы, основанные на квантовых эффектах. Ожидается, что квантовые сенсоры будут иметь высокое пространственное и временное разрешение, что позволит повысить точность измерений в сравнении с существующими классическими сенсорами, а использование свойств суперпозиции, запутанности, сжатия квантовых состояний, в свою очередь, обеспечит в перспективе максимально возможную чувствительность измерения за счет преодоления стандартного квантового предела.



Самых перспективные на сегодняшний день варианты применений квантовых сенсоров:

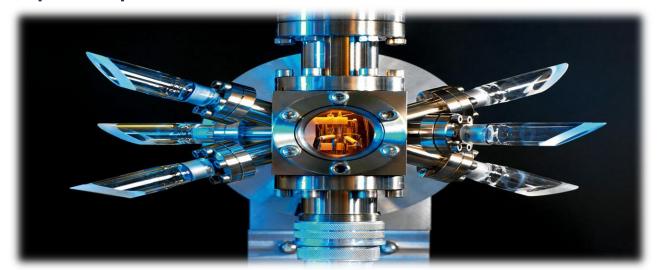
- ✓ МРТ молекулы
- ✓ Космический гравиметр
  - ✓ "Квантовая пленка«
    - ✓ Квантовые часы
- ✓ Источники и приемники фотонов
  - ✓ Магнитоплазмонные сенсоры

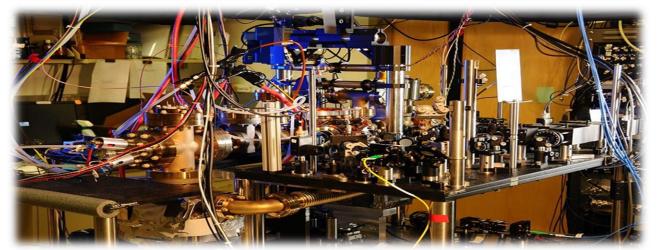


#### КВАНТОВАЯ СЕНСОРИКА



#### • Пример...





Квантовые часы – тип атомных часов, где лазер охлаждает отдельные ионы, заключенные в электромагнитной ионной ловушке. Атомные часы считаются самыми точными хронометрами в мире. Разработанные командой физиков из Национального института стандартов и технологий, часы оказались в 37 раз точнее существующих международных норм. Квантовые логические часы основаны на спектроскопии ионов алюминия в атоме.

### КВАНТОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ



Квантовые коммуникации (QC) — это область знаний о передаче неизвестного квантового состояния из одного местоположения в другое, удалённое от первого, местоположение. Технология QC позволяет передавать данные на большие расстояния абсолютно защищённым образом. Это реально существующая, практически применимая технология, которая давно выведена за пределы только лишь теории.



Для **передачи** информации (телепортация, сверхплотное кодирование)







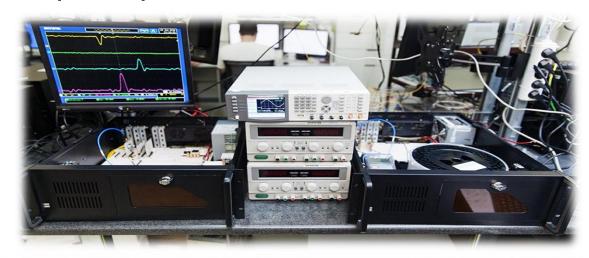


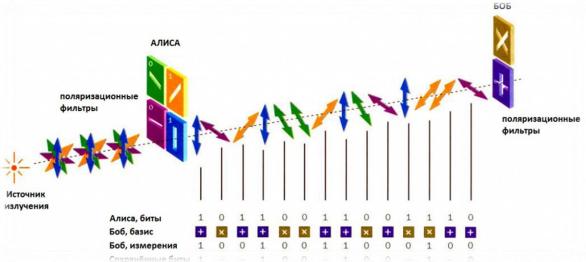


### КВАНТОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ



#### • Пример...



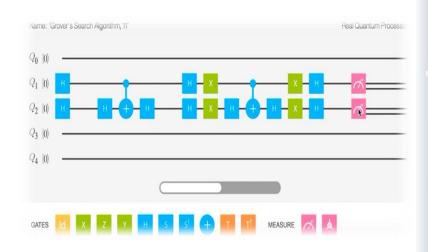


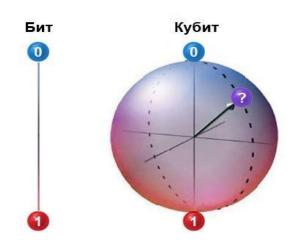
Технология квантового распределения криптографических ключей решает одну из основных задач криптографии гарантированное на уровне фундаментальных законов природы распределение ключей между удаленными пользователями по открытым каналам связи. Криптографический ключ — это числовая последовательность определенной длины, созданная для шифрования информации. Квантовая криптография позволяет обеспечить постоянную и автоматическую смену ключей при передаче каждого сообщения в режиме одноразового «шифроблокнота»: на сегодняшний день это единственный вид шифрования со строго доказанной криптографической стойкостью.

#### КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ



• Квантовые вычисления - это тип вычислений, который совершает решение задач с помощью манипуляции квантовыми объектами: атомами, молекулами, фотонами, электронами и специально созданными макроструктурами. Их использование позволяет ученым достичь двух квантовых явлений — суперпозиции и запутанности. Квантовые вычисления и протоколы квантовой коммуникации состоят в последовательном применении квантовых логических операторов (вентилей или гейтов), изменяющих состояния кубитов в регистре квантового устройства.

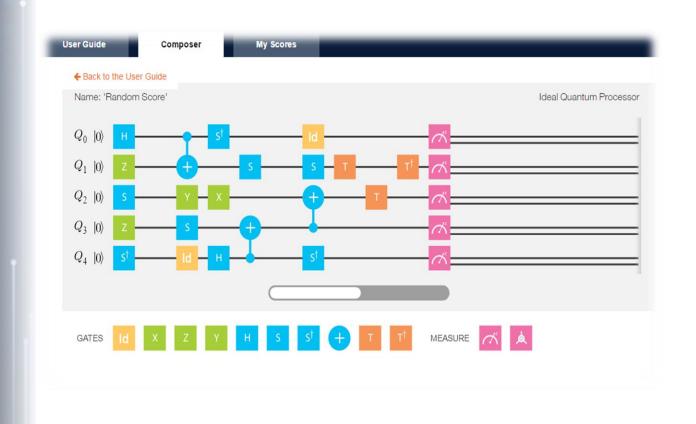




#### КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ



#### • Пример...



В 1996 году американский математик Лов Гровер предложил другой квантовый алгоритм, основанный на методе перебора чисел. Этот алгоритм квантовые компьютеры смогут использовать для взлома систем симметричного шифрования. Чтобы сохранить текущий уровень безопасности, потребуется удвоить размер ключей.

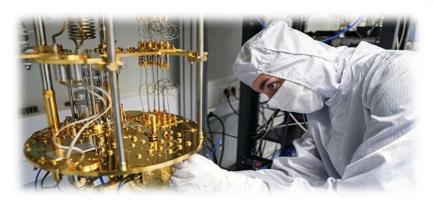
### КВАНТОВЫЙ КОМПЬЮТЕР



• Квантовый компьютер ( англ. A quantum computer ) — гипотетическое вычислительное устройство, которое путем выполнения квантовых алгоритмов существенно использует при работе квантовомеханические эффекты, такие как квантовый параллелизм и квантовая запутанность.

#### Виды квантовых компьютеров:

- ✓ на основе ионных ловушек;
- √ ядерного магнитного резонанса;
- ✓ Сверхпроводящих элементов;
- ✓ Квантовых точек.





### КВАНТОВЫЙ КОМПЬЮТЕР



• Пример...



Фотоны и топологические кубиты



3-5 photons



Сверхпроводящий Элемент + первая в мире интегрированная система квантовых вычислений



50 qubits



Квантовые точки



50 qubits



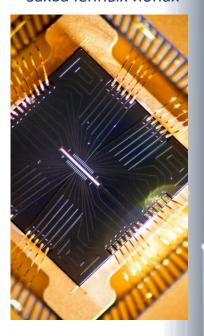
Сверхпроводящий элемент



72 qubits



Квантовый симулятор на захваченных ионах



53 qubits



### ИНВЕСТИЦИИ В РАЗРАБОТКУ КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ











~\$100M

~\$50M

~\$100M

~\$100M

~\$150M

### УЧАСТНИКИ «КВАНТОВОЙ ГОНКИ»



- **≻** США
- Китай
- ➤ Канада
- ≽ Япония
- ➤ Европа
- Тайвань
- Израиль
- ➤ Сингапур
- ▶ Россия



