



به نام خدا

سمینار درس الکترونیک کوانتومی

تفاوت های اساسی محاسبات کلاسیک و محاسبات کوانتومی

استاد: پروفیسور محمد نژاد

مقدمه

تاریخچه محاسبات
کوانتومی

نمایش داده ها

محاسبات کلاسیک در
برابر محاسبات
کوانتومی

کامپیوتر کوانتومی

مزایا و کاربردهای
کامپیوتر کوانتومی

مدل های محاسبات
کوانتومی

نوبل فیزیک
۲۰۱۲

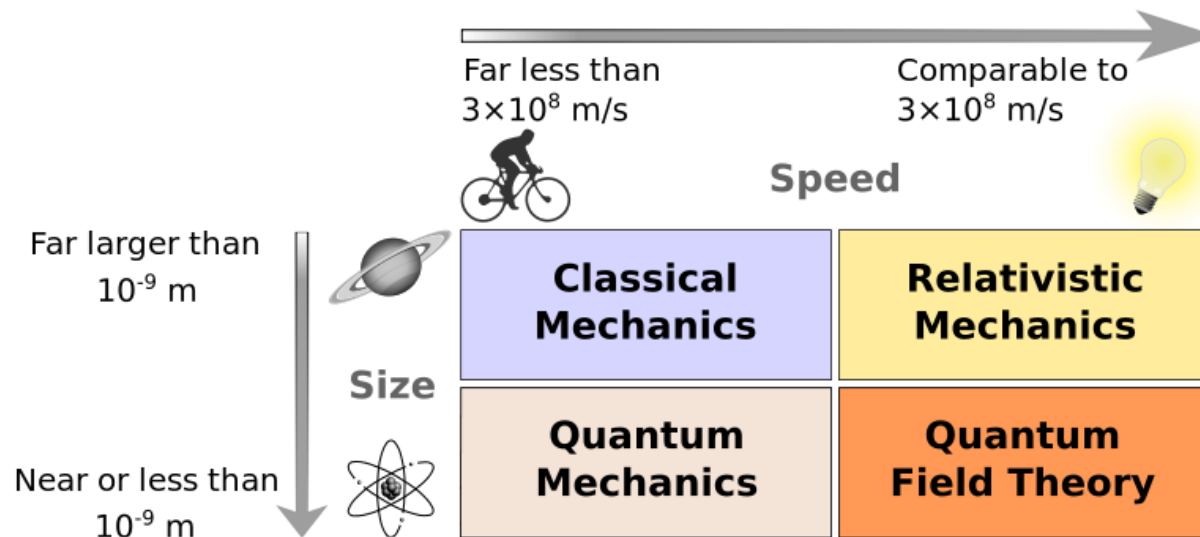
مقدمه

تاریخچه محاسبات
کوانتومی

نمایش داده ها

محاسبات کلاسیک در
برابر محاسبات
کوانتومی

- محاسبات کوانتومی:
- دانش استفاده از تمامی امکانات مکانیک کوانتومی برای حل مسائل محاسباتی
- محاسبات کلاسیک تنها تعداد کمی از این امکانات را در نظر می گیرد



مقدمه

تاریخچه محاسبات
کوانتومی

نمایش داده ها

محاسبات کلاسیک در
برابر محاسبات
کوانتومی

- ۱۹۸۱- فین - نشان دادن عدم امکان شبیه سازی سیستم کوانتومی با استفاده از سیستم کلاسیک و پیشنهاد ساخت ماشین هایی براساس قوانین مکانیک کوانتومی
- ۱۹۸۵- دویچ - توسعه و تشریح اولین کامپیوتر (ماشین تورینگ) کوانتومی
- ۱۹۹۴- شور - ارائه الگوریتمی کوانتومی جهت تجزیه عددی بزرگ به عوامل اول آن
- ۱۹۹۷- گرور - ارائه الگوریتمی کوانتومی جهت جستجو در پایگاه داده نا مرتب N عضوی در زمان $O(N^{1/2})$
- ۲۰۰۱ - اجرای الگوریتم شور روی کامپیوتر رزونانس مغناطیسی هسته ای (NMR) ۷ کیوبیتی
- ۲۰۱۰ - ساخت اولین کامپیوتر کوانتومی ۱۲۸ کیوبیتی تجاری (D-Wave one)
- ۲۰۱۳ - ساخت کامپیوتر کوانتومی تجاری ۵۱۲ کیوبیتی (D-Wave two)
- ۲۰۱۴ - شکستن رکورد بزرگترین عدد تجزیه شده به عوامل اول (۵۶۱۵۳)
- ۲۰۱۵ - توسعه گیت منطقی سیلیکونی دو کیوبیتی

مقدمه

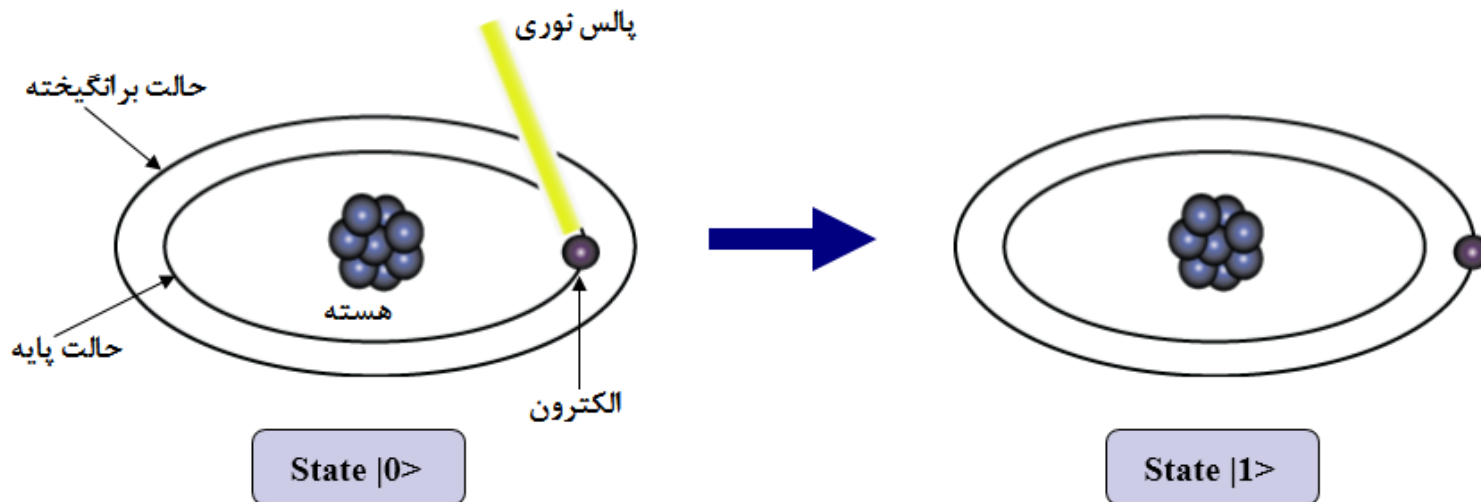
محاسبات کلاسیک در
برابر محاسبات
کوانتومی

نمایش داده ها

تاریخچه محاسبات
کوانتومی

نمایش داده ها (کیوبیت)

- نمایش یک بیت داده بوسیله یک اتم به صورت حالت های $|0\rangle$ و $|1\rangle$.
- پیاده سازی فیزیکی کیوبیت با دو سطح انرژی یک اتم
- حالت برانگیخته اتم نشان دهنده حالت $|1\rangle$
- حالت پایه نشان دهنده حالت $|0\rangle$



مقدمه

محاسبات کلاسیک در
برابر محاسبات
کوانتومی

نمایش داده ها

تاریخچه محاسبات
کوانتومی

تفاوت بیت و کیوبیت

• بیت:

• دو حالت پایه 0 و 1

• کیوبیت:

• دو حالت پایه $|0\rangle$ و $|1\rangle$.

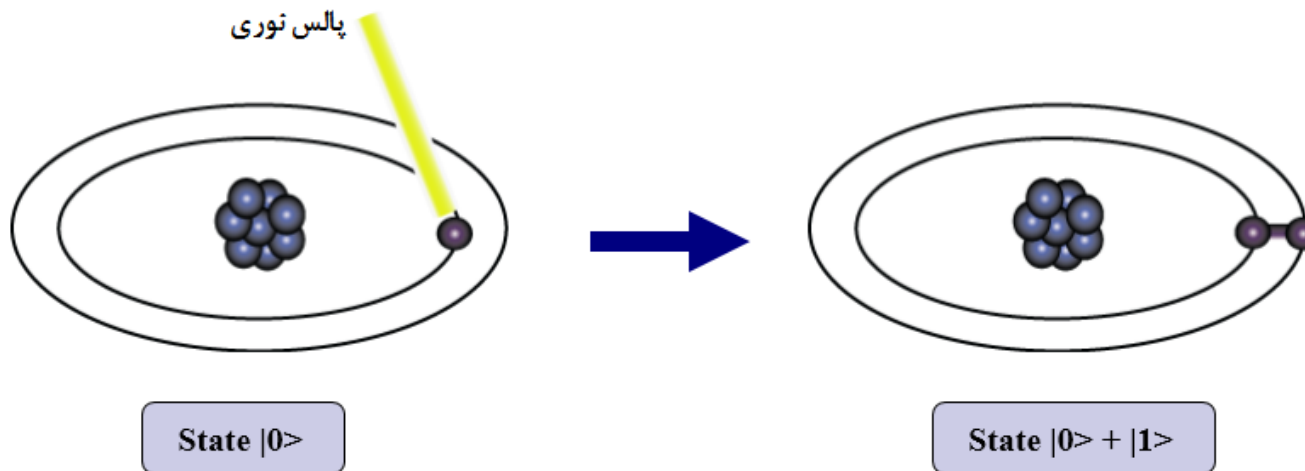
• سوپروپوزیشن هر دو حالت

• α و β اعدادی مختلط هستند که

• یعنی همزمان در حالات $|1\rangle$ و $|0\rangle$ می باشد

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$



نمایش فیزیکی کیوبیت

- استفاده از سیستم های دوسطحی برای نمایش کیوبیت
- ساخت کامپیوترهای کوانتومی با استفاده از ترکیبات مختلف کیوبیت ها

پایه فیزیکی	نام	پایه اطلاعاتی	$ 0\rangle$	$ 1\rangle$
فوتون	رمزگذاری قطبش تعداد فوتون	قطبش نور حالت تعداد	افقی خلاء	عمودی حالت تک فوتون
الکترون	اسپین الکترون تعداد الکترون	اسپین بار	بالا نبود الکترون	پایین یک الکترون
هسته	اسپین هسته	اسپین	بالا	پایین
نقطه کوانتومی	اسپین نقطه	اسپین	بالا	پایین

- جابجایی آسان فوتون ها ← گزینه ای مناسب جهت انتقال اطلاعات کوانتومی
- برهمکنش آسان الکترون ها و یونها ← گزینه ای مناسب جهت پردازش و ذخیره اطلاعات کوانتومی

محاسبات کوانتومی در برابر محاسبات کلاسیک

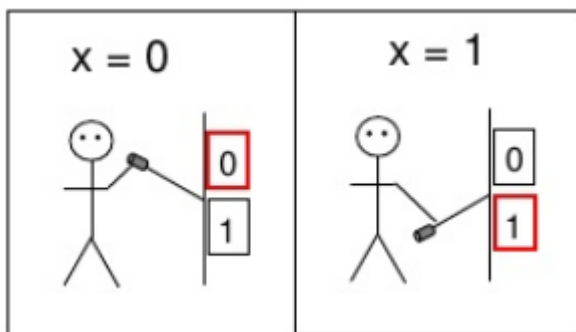
محاسبات کلاسیک

• واحد داده: بیت

• $\bullet = '1'$ $\circ = '0'$

• حالات معتبر

• $x = '0' \text{ or } '1'$



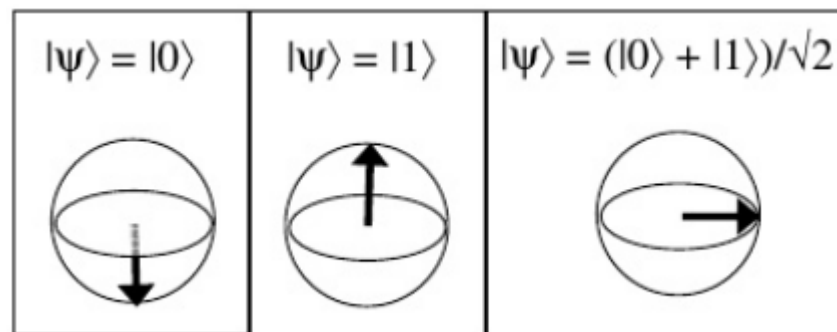
محاسبات کوانتومی

• واحد داده: کیوبیت

• $\uparrow = |1\rangle$ $\downarrow = |0\rangle$

• حالات معتبر

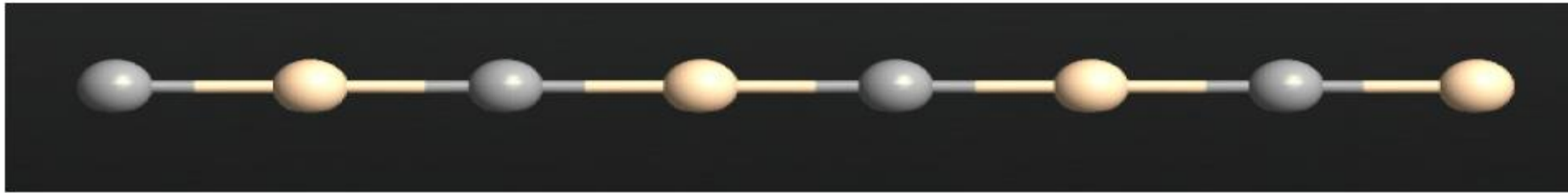
• $|\psi\rangle = c_1|0\rangle + c_2|1\rangle$



انتقال کوانتومی با تغییر طول مولکول در دستگاه نانو

$$H = K S_{ij} (H_{ii} + H_{jj}) / 2 \dots$$

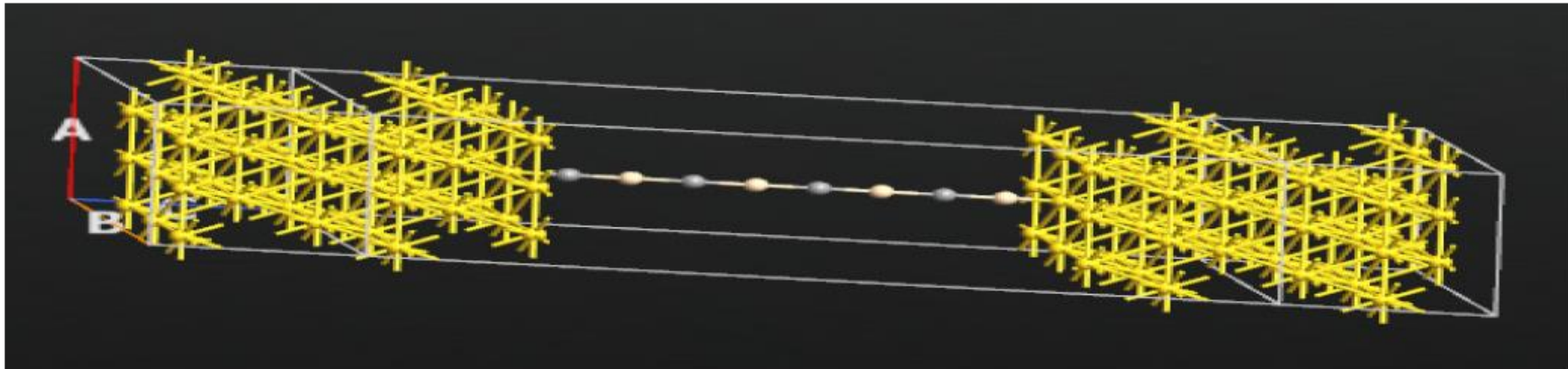
تئوری معادلات



نمایش ملکولی سیلیکون کرباید

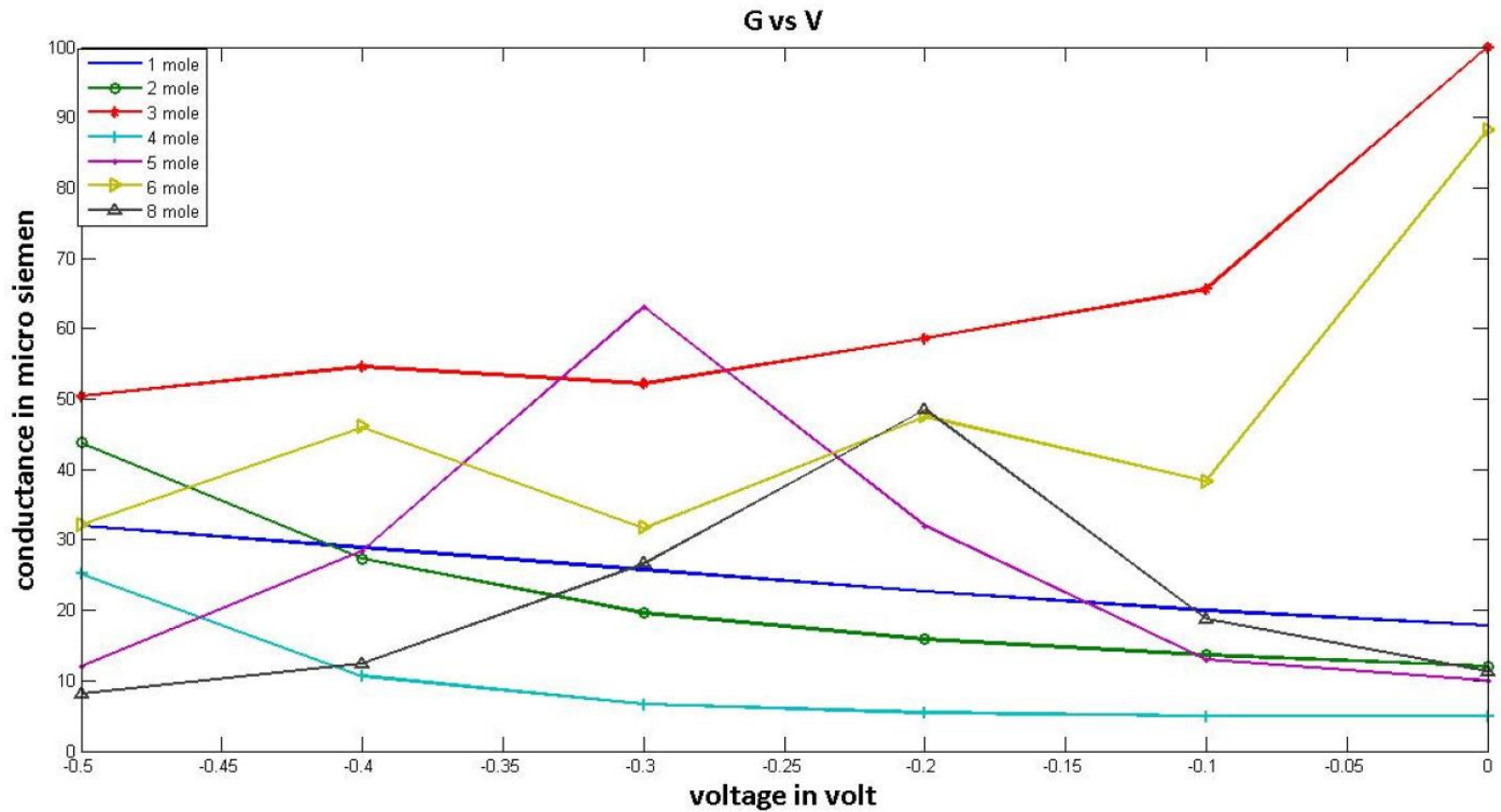
عامل مهم اندازه طول سیم در سرعت محاسباتی

با توجه به تغییر طول سیم با توجه به قانون اهم مقاومت و رسانش تغییر می کند
 در نتیجه تغییر سرعت محاسباتی را شاهد هستیم



ملکول‌های سیلیکون کرباید در بین الکتروود طلا

بررسی ارتباط بین هدایت و ولتاژ



کامپیوتر کوانتومی

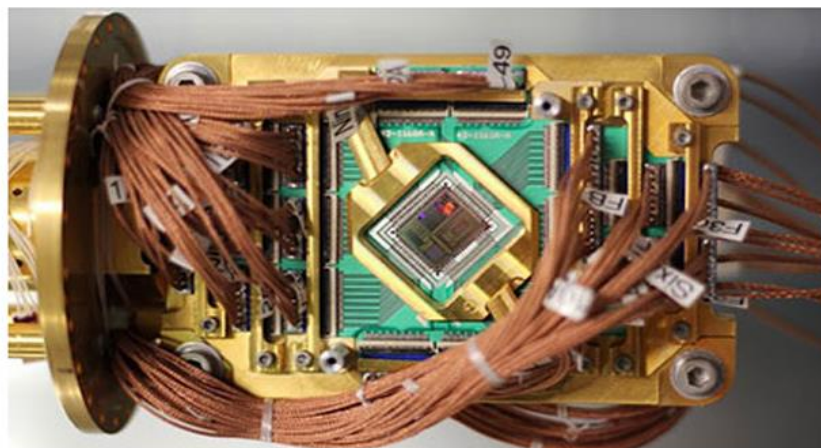
مزایا و کاربردهای
کامپیوتر کوانتومی

مدل های محاسبات
کوانتومی

نوبل فیزیک
۲۰۱۲

- ماشینی است که برای محاسباتش از پدیده ها و قوانین مکانیک کوانتومی استفاده می کند
- مانند درهم تنیدگی (Entanglement) و برهمه‌نهی (Superposition)
- رفتار ذرات در سطوح زیر اتمی
- استفاده از کیوبیت به جای بیت

اولین کامپیوتر کوانتومی ساخته شده در شرکت D-WAVE که در محفظه ای بزرگ قرار گرفته است^{۱۲}
محیط داخلی آن در دمایی بسیار نزدیک به صفر کلون کار می کند.



• نمایی از محیط پردازشی یک ماشین حساب کوانتومی

Structure

Search

Methane

Benzene

Water Dimer

Save

Restore

Minimize

Atom Manipulation

Off

Drag

Delete

H

Li

Be

C

Na

Mg

Al

Si

+1

-1

Bond Manipulation

Off

Break

Single

Double

Triple

Calculate Molecule Properties

Calculate

Molecule Calculator (MolCalc)

dgu.ki.ku.dk/molcalc/

MolCalc
The Molecule Calculator

New Molecule Molecule List What?

Structure

Search

Methane

Benzene

Water Dimer

Save

Restore

Minimize

Atom Manipulation

Off

Drag

Delete

H

Li

Be

C

N

O

F

Ne

Na

Mg

Al

Si

P

S

Cl

Ar

+1

-1

Bond Manipulation

Off

Break

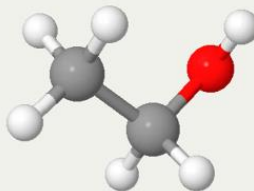
Single

Double

Triple

Calculate Molecule Properties

Calculate



MolCalc

The Molecule Calculator

New Molecule Molecule List What?

Structure

Search

Methane

Benzene

Water Dimer

Save

Restore

Minimize

Atom Manipulation

Off

Drag

Delete

H

Li

Be

C

N

O

F

Ne

Na

Mg

Al

Si

P

S

Cl

Ar

+1

-1

Bond Manipulation

Off

Break

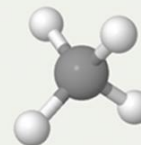
Single

Double

Triple

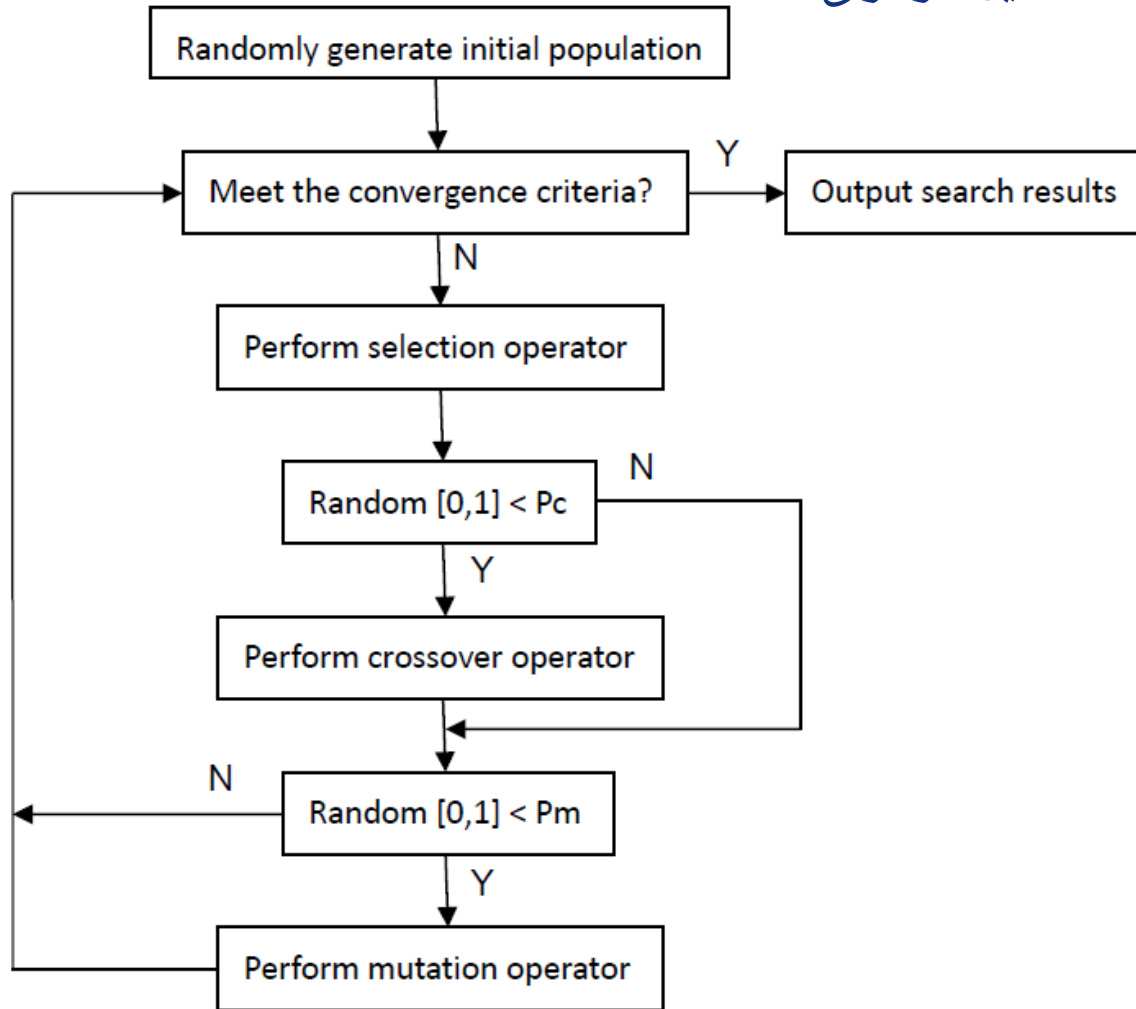
Calculate Molecule Properties

Calculate



MolCalc

الگوریتم پردازشی یک ماشین کوانتومی

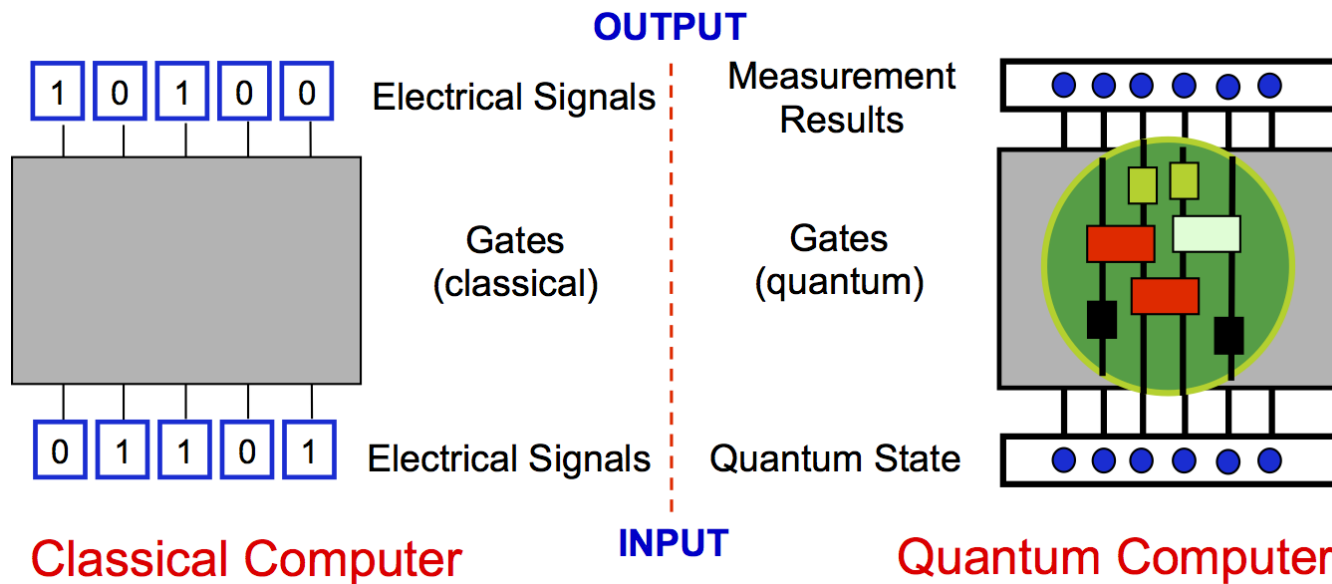


کامپیوتر
کوانتومی

مزایا و کاربردهای
کامپیوتر کوانتومی

مدل های محاسبات
کوانتومی

نوبل فیزیک
۲۰۱۲



کامپیوتر
کوانتومی

مزایا و کاربردهای
کامپیوتر کوانتومی

مدل های محاسبات
کوانتومی

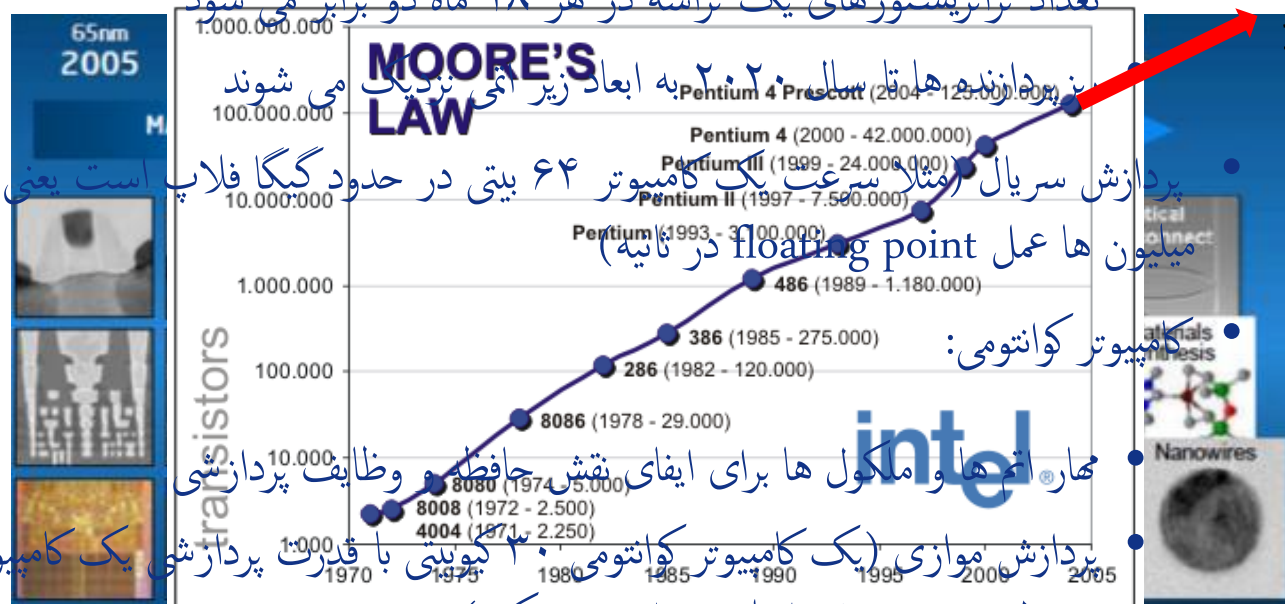
نوبل فیزیک ۲۰۱۲

چرا کوانتوم و کامپیوتر کوانتومی؟

• کامپیوتر کلاسیک:

• قانون مور:

• تعداد ترانزیستورهای یک تراشه در هر ۱۸ ماه دو برابر می شود



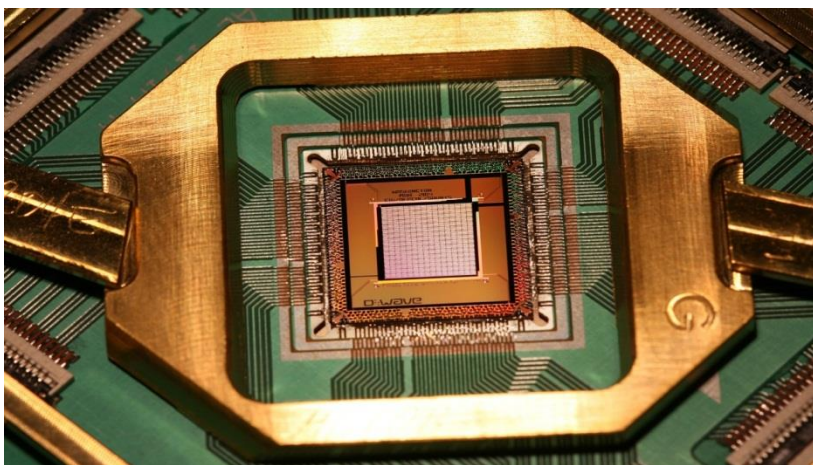
کامپیوترهای
کوانتومی

مزایا و کاربردهای
کامپیوتر کوانتومی

مدل های محاسبات
کوانتومی

نوبل فیزیک ۲۰۱۲

- فاکتورگیری (تجزیه به عوامل اول) اعداد صحیح (الگوریتم شور)
- عدم توانایی رایانه های دیجیتال در تجزیه اعداد بزرگ به عوامل اولشان در صورتی که حاصلضرب دو عدد اول با اندازه مشابه باشند
- رایانه کوانتومی با 2^n کیوبیت می تواند اعداد با n بیت را به عوامل اول تجزیه کند
- جستجو در پایگاه داده کوانتومی (الگوریتم گراور)
- برای جستجوی یک اسم در یک کتابخانه نا مرتب بسیار بزرگ
- کامپیوتر کلاسیک ۱۰۰ سال
- کامپیوتر کوانتومی ۱/۲ ثانیه



کامپیوترهای
کوانتومی

مزایا و کاربردهای
کامپیوتر کوانتومی

مدل های محاسبات
کوانتومی

نوبل فیزیک
۲۰۱۲

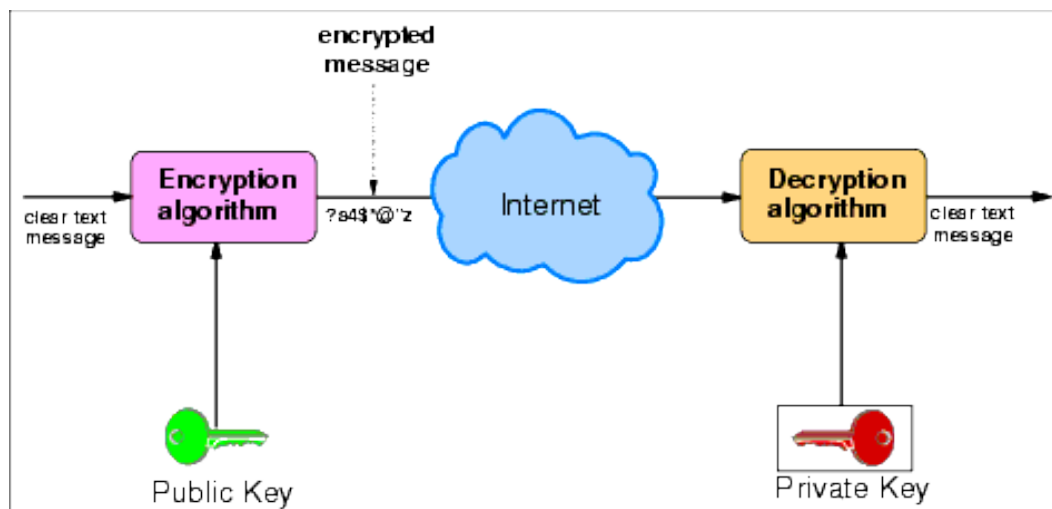
- شبیه سازی های مکانیک کوانتومی

- فیزیک، شیمی، علم مواد، فناوری نانو، زیست شناسی و پزشکی

- تجزیه و تحلیل رمز

- توانایی شکستن کدهای بسیار پیچیده

- رمزگذاری RSA



کامپیوترهای
کوانتومی

مزایا و کاربردهای
کامپیوتر کوانتومی

مدل های محاسبات
کوانتومی

نوبل فیزیک
۲۰۱۲

Penetrating Hard Targets •

- برنامه ای تحقیقاتی با بودجه \$ 80M
- شکستن قوی ترین رمزگذاری های موجود
- RSA Encryption



- دسترسی به
 - ایمیل ها
 - شبکه های اجتماعی
 - تراکنش های مالی
 - بانک ها
 - مراکز مهم دولتی کشورها

کامپیوترهای
کوانتومی

مزایا و کاربردهای
کامپیوتر کوانتومی

مدل های
محاسبات کوانتومی

نوبل فیزیک
۲۰۱۲



• مدل های محاسبات کوانتومی:

- مدار کوانتومی (گیت کوانتومی)
- رایانه کوانتومی یک طرفه (مبتنی بر اندازه گیری)
- محاسبات بی دررو (adiabatic)
- کامپیوتر کوانتومی توپولوژیکی

• راهکارهای پیاده سازی

- فلزات ابر رسانا
- تله های یونی
- فوتون ها

کامپیوترهای
کوانتومی

مزایا و کاربردهای
کامپیوتر کوانتومی

مدل های محاسبات
کوانتومی

نوبل فیزیک
۲۰۱۲



- کنترل ذرات در دنیای کوانتومی
- اندازه گیری و دستکاری سیستم های کوانتومی منفرد
- گامی مهم در پیشرفت کامپیوترهای کوانتومی
- دیوید واینلند و سرج هراش مستقلا برنده نوبل فیزیک ۲۰۱۲ شدند
- واینلند برای به تله انداختن اتم ها یا یون های دارای بار الکتریکی و کنترل و اندازه گیری آنها با استفاده از فوتون ها
- هراش برای کنترل و اندازه گیری فوتون ها با ارسال اتم ها از میان یک تله

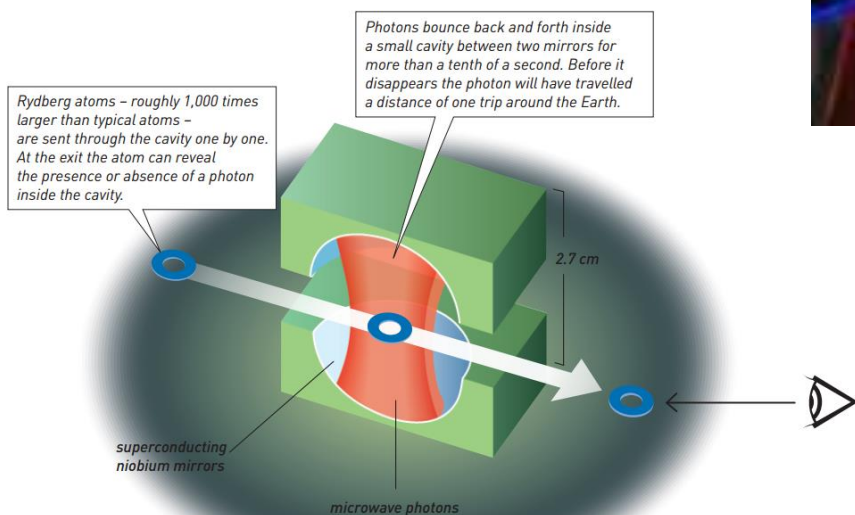
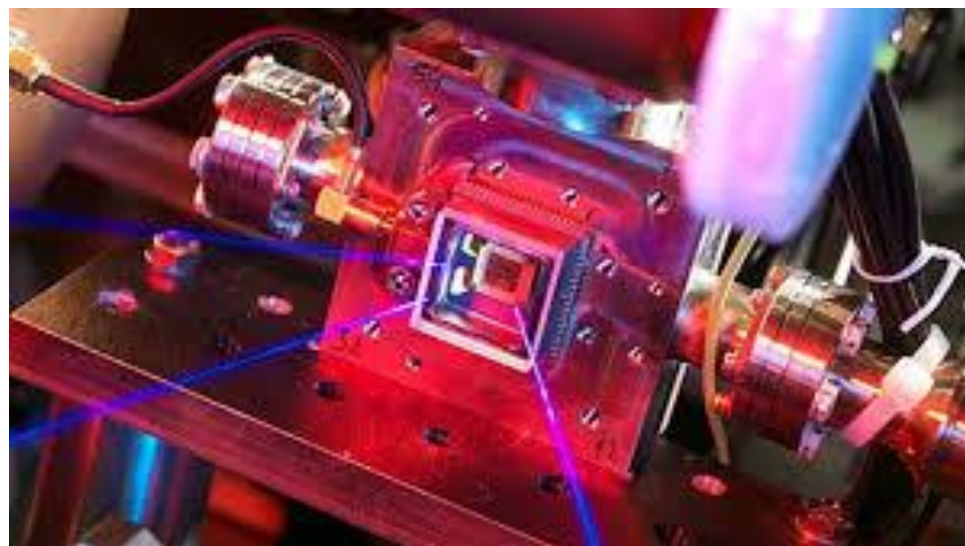
کامپیوترهای
کوانتومی

مزایا و کاربردهای
کامپیوتر کوانتومی

مدل های محاسبات
کوانتومی

نوبل فیزیک
۲۰۱۲

کار پژوهشی هراش



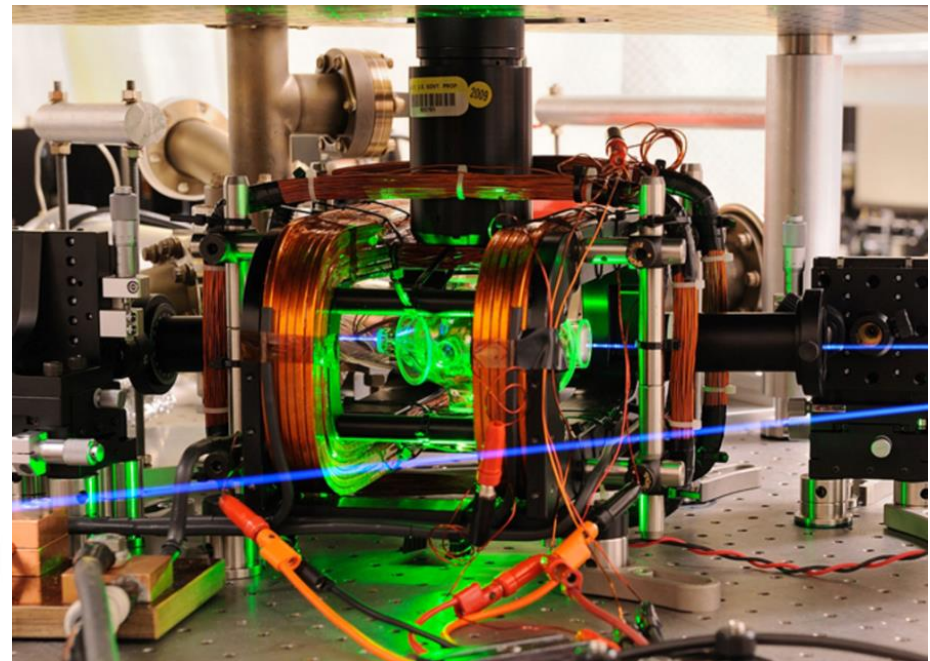
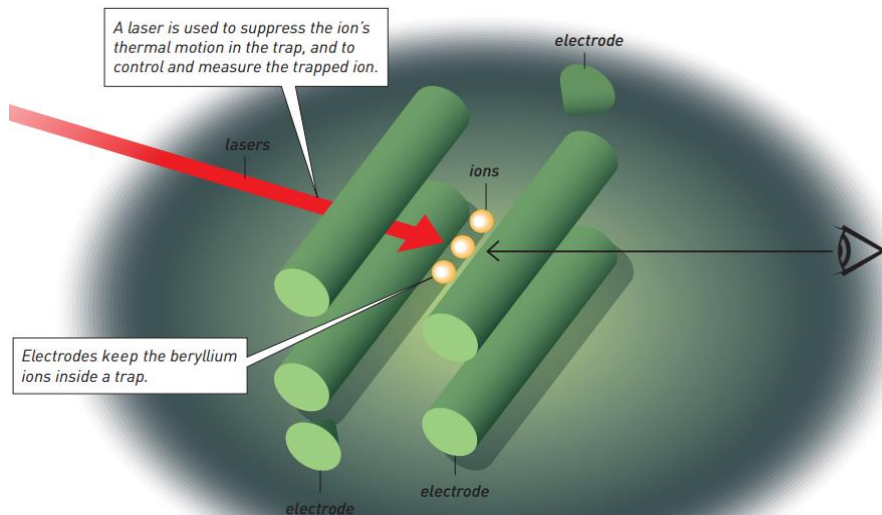
کامپیوترهای
کوانتومی

مزایا و کاربردهای
کامپیوتر کوانتومی

مدل های محاسبات
کوانتومی

نوبل فیزیک
۲۰۱۲

کار پژوهشی واینلند



نتیجه گیری

در تئوری یک کامپیوتر کوانتومی ۳۰۰ کیوبیتی می تواند ۲ به توان ۳۰۰ حالت یا مقدار را همزمان ذخیره کند که این عدد بیشتر از تمامی اتم‌های شناخته شده در کهکشان است. بزرگترین چالش پیشرو ایزوله کردن کیوبیت‌ها از محیط است که با تکنولوژی کنونی کیوبیت‌ها تاثیر فراوانی از محیط می گیرند و در نتیجه باعث غیرقابل اطمینان شدن داده‌ها می شود.



با تشکر از پروفسور محمد نژاد