

به نام خدا

اطلاعات کوانتومی

سید جواد اخترشناس

[http : //sci.ui.ac.ir/ ~ akhtarshenas](http://sci.ui.ac.ir/~akhtarshenas)

گروه فیزیک - دانشگاه اصفهان

۱۴ مهر ۱۳۹۱

۱ اطلاعات کلاسیک

■ بیت

۲ اطلاعات کوانتومی

■ کیوبیت

■ درهم‌تنیدگی کوانتومی

■ دور بری کوانتومی

■ کد گذاری فشرده کوانتومی

■ رمز نگاری کوانتومی

■ الگوریتم شور

■ الگوریتم گراور

۳ واهمدوسی کوانتومی

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

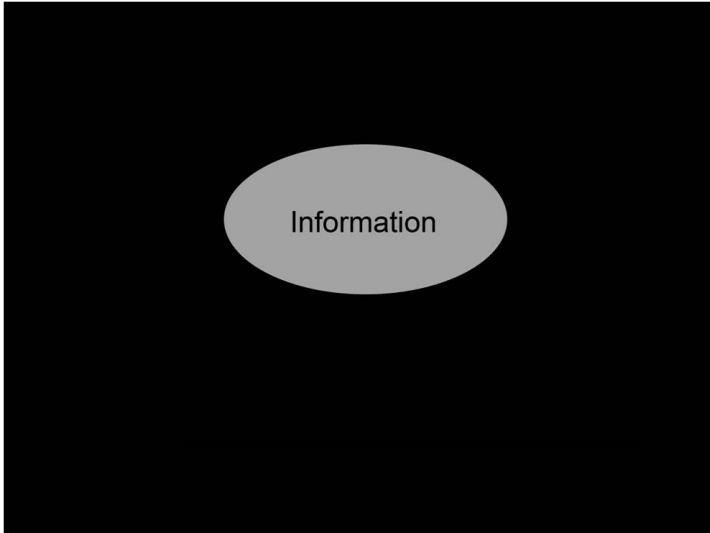
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی



اطلاعات کلاسیک، بیت

بیت (الفبای دو حرفی):

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

اطلاعات کلاسیک، بیت

بیت (الفبای دو حرفی):

یک بیت کلاسیکی یک سیستم فیزیکی دو حالتی است که فقط می تواند در یکی از دو حالت مجزای آن قرار گیرد

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

اطلاعات کلاسیک، بیت

بیت (الفبای دو حرفی):

یک بیت کلاسیکی یک سیستم فیزیکی دو حالتی است که فقط می تواند در یکی از دو حالت مجزای آن قرار گیرد

■ کلید باز یا بسته

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

اطلاعات کلاسیک، بیت

بیت (الفبای دو حرفی):

یک بیت کلاسیکی یک سیستم فیزیکی دو حالتی است که فقط می تواند در یکی از دو حالت مجزای آن قرار گیرد

■ کلید باز یا بسته



اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

اطلاعات کلاسیک، بیت

بیت (الفبای دو حرفی):

یک بیت کلاسیکی یک سیستم فیزیکی دو حالتی است که فقط می تواند در یکی از دو حالت مجزای آن قرار گیرد

■ کلید باز یا بسته



0



1

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم‌تنبندی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

اطلاعات کلاسیک، بیت

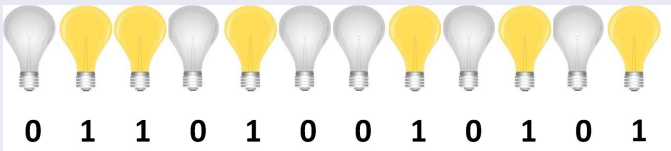
بیت (الفبای دو حرفی):

یک بیت کلاسیکی یک سیستم فیزیکی دو حالت است که فقط می تواند در یکی از دو حالت مجزای آن قرار گیرد

- کلید باز یا بسته



- زنجیری از بیتها



اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم‌تنبندی کوانتومی
دور بری کوانتومی
کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی
الگوریتم شور
الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

اطلاعات کلاسیک، بیت

بیت (الفبای دو حرفی):

یک بیت کلاسیکی یک سیستم فیزیکی دو حالتی است که فقط می تواند در یکی از دو حالت مجزای آن قرار گیرد

- کلید باز یا بسته



0



1

بیت (واحد اطلاعات):

- مقدار اطلاعات ذخیره شده در یک سیستم فیزیکی دو حالتی که فقط می تواند در یکی از دو حالت مجزا قرار گیرد.

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم تنبذگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

اطلاعات کلاسیک، بیت

بیت (الفبای دو حرفی):

یک بیت کلاسیکی یک سیستم فیزیکی دو حالتی است که فقط می تواند در یکی از دو حالت مجزای آن قرار گیرد

- کلید باز یا بسته



0



1

بیت (واحد اطلاعات):

- مقدار اطلاعات ذخیره شده در یک سیستم فیزیکی دو حالتی که فقط می تواند در یکی از دو حالت مجزا قرار گیرد.
- مقدار اطلاعات ذخیره شده در یک بیت بین صفر و یک تغییر می کند.

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

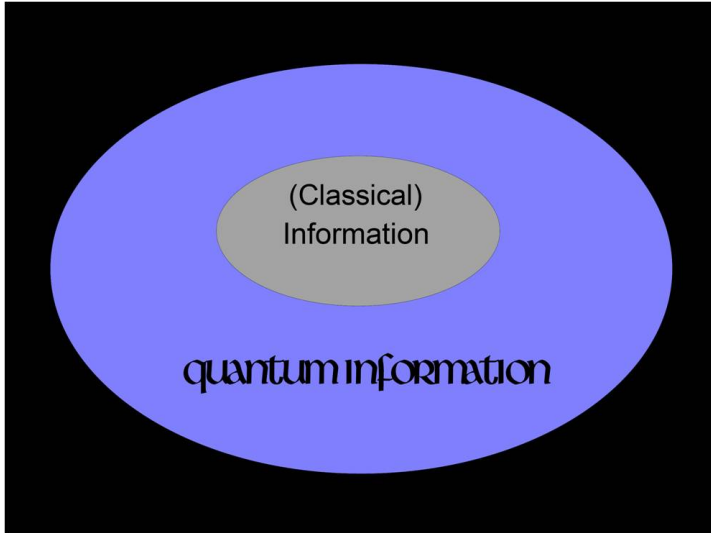
رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

اطلاعات کوانتومی



اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

اطلاعات کوانتومی، کیوبیت

کیوبیت (الفبای ؟ حرفی):

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات

کلاسیک

بیت

اطلاعات

کوانتومی

کیوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

اطلاعات کوانتومی، کیوبیت

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کیوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

کیوبیت (الفبای ؟ حرفی):

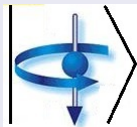
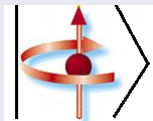
کیوبیت، حالت کوانتومی یک سیستم کوانتومی دو حالتی است.

اطلاعات کوانتومی، کیوبیت

کیوبیت (الفبای ؟ حرفی):

کیوبیت، حالت کوانتومی یک سیستم کوانتومی دو حالتی است.

■ اسپین الکترون



اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کیوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

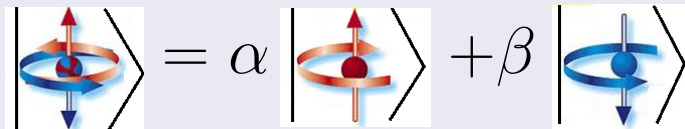
الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

اطلاعات کوانتومی، کیوبیت

کیوبیت (الفبای ؟ حرفی):

کیوبیت، حالت کوانتومی یک سیستم کوانتومی دو حالتی است.
■ اسپین الکترون


$$|\uparrow\downarrow\rangle = \alpha |\uparrow\downarrow\rangle + \beta |\downarrow\uparrow\rangle$$

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کیوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

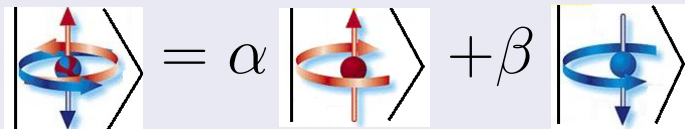
واهمدوسی
کوانتومی

اطلاعات کوانتومی، کیوبیت

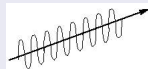
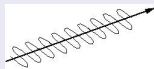
کیوبیت (الفبای ؟ حرفی):

کیوبیت، حالت کوانتومی یک سیستم کوانتومی دو حالتی است.

■ اسپین الکترون


$$|\uparrow\downarrow\rangle = \alpha |\uparrow\rangle + \beta |\downarrow\rangle$$

■ قطبش نور



اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کیوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی
دور بری کوانتومی
کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی
الگوریتم شور
الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

اطلاعات کوانتومی، کیوبیت

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کیوبیت

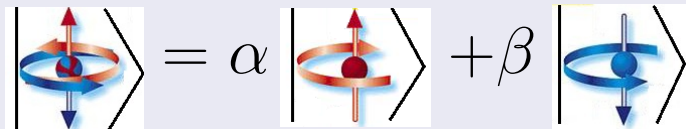
درهم‌تنیدگی کوانتومی
دور بری کوانتومی
کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی
الگوریتم شور
الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

کیوبیت (الفبای ؟ حرفی):

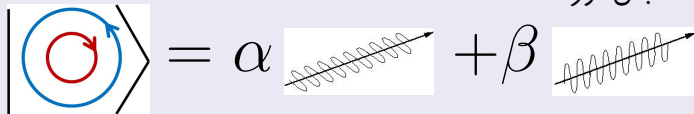
کیوبیت، حالت کوانتومی یک سیستم کوانتومی دو حالتی است.
■ اسپین الکترون



The diagram shows a quantum state of an electron's spin as a superposition of two classical states. On the left, a quantum state is represented by a vertical line with a right-pointing arrow, containing a sphere with a red arrow pointing up and a blue arrow pointing down, surrounded by two elliptical rings (one red, one blue). This is equal to the coefficient α multiplied by a state with only the red spin and ring, plus the coefficient β multiplied by a state with only the blue spin and ring.

$$|\text{state}\rangle = \alpha |\text{red spin}\rangle + \beta |\text{blue spin}\rangle$$

■ قطبش نور



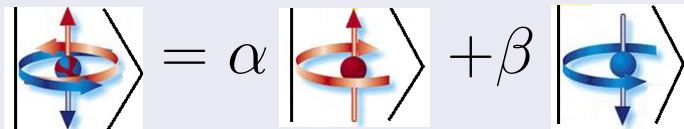
The diagram shows a quantum state of light polarization as a superposition of two classical states. On the left, a quantum state is represented by a vertical line with a right-pointing arrow, containing a circle with a red arrow pointing clockwise and a blue arrow pointing counter-clockwise. This is equal to the coefficient α multiplied by a state with a red wave oscillating vertically, plus the coefficient β multiplied by a state with a blue wave oscillating horizontally.

$$|\text{state}\rangle = \alpha |\text{red wave}\rangle + \beta |\text{blue wave}\rangle$$

اطلاعات کوانتومی، کیوبیت

کیوبیت (الفبای ؟ حرفی):

کیوبیت، حالت کوانتومی یک سیستم کوانتومی دو حالتی است.
■ اسپین الکترون



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

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کیوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

مقایسه بیت و کیوبیت

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کیوبیت

درهم‌تنیگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

بیت

0

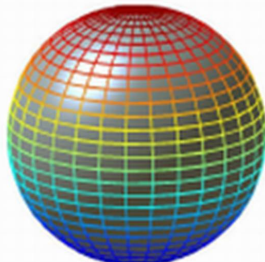


1

0 o 1

کیوبیت

0



1

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

درهم تنیدگی کوانتومی

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

درهم تنیدگی کوانتومی

حالت در هم تنیده حالتی است که در آن حالت کل سیستم را نمی توان بر حسب حالت زیر سیستم های آن توصیف کرد.

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات

کلاسیک

بیت

اطلاعات

کوانتومی

کوبیت

درهم تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

درهم تنیدگی کوانتومی

حالت در هم تنیده حالتی است که در آن حالت کل سیستم را نمی توان بر حسب حالت زیر سیستم های آن توصیف کرد.

آلیس و باب هر کدام یک اتم اسپین $\frac{1}{2}$ در اختیار دارند. این دو ذره در گذشته با هم برهمکنش داشته اند. اکنون این دو ذره با هم برهمکنشی ندارند.

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

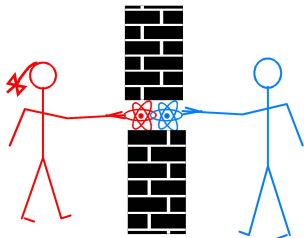
الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

درهم تنیدگی کوانتومی

حالت در هم تنیده حالتی است که در آن حالت کل سیستم را نمی توان بر حسب حالت زیر سیستم های آن توصیف کرد.



آلیس و باب هر کدام یک اتم اسپین $\frac{1}{2}$ در اختیار دارند. این دو ذره در گذشته با هم برهمکنش داشته اند. اکنون این دو ذره با هم برهمکنشی ندارند.

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات

کلاسیک

بیت

اطلاعات

کوانتومی

کوبیت

درهم تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

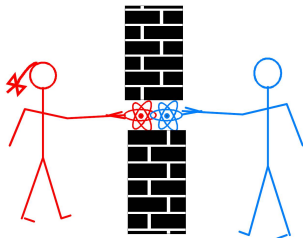
الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی





درهم تنیدگی کوانتومی

حالت در هم تنیده حالتی است که در آن حالت کل سیستم را نمی توان بر حسب حالت زیر سیستم های آن توصیف کرد.



آلیس و باب هر کدام یک اتم اسپین $\frac{1}{2}$ در اختیار دارند. این دو ذره در گذشته با هم برهمکنش داشته اند. اکنون این دو ذره با هم برهمکنشی ندارند.

ذره آلیس در آزمایشگاه آلیس و ذره باب در آزمایشگاه باب قرار دارد.


$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle |\downarrow\rangle$$


اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی





الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

درهم تنیدگی کوانتومی . . .


$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle |\downarrow\rangle$$


اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی





رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

درهم تنیدگی کوانتومی . . .


$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle |\downarrow\rangle$$


■ قبل از اندازه‌گیری، احتمال اینکه اسپین باب در حالت بالا باشد برابر با $\frac{1}{2}$ است.

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی





رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

درهم تنیدگی کوانتومی . . .


$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle |\downarrow\rangle$$


- قبل از اندازه‌گیری، احتمال اینکه اسپین باب در حالت بالا باشد برابر با $\frac{1}{2}$ است.
- حال اگر آلپس اسپین خودش را اندازه‌گیری کند و آن را در جهت بالا بیابد، آنگاه حالت پسا اندازه‌گیری به صورت زیر خواهد بود:

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت





درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی
کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی
الگوریتم شور
الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

درهم تنیدگی کوانتومی . . .


$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle |\downarrow\rangle$$


■ قبل از اندازه‌گیری، احتمال اینکه اسپین باب در حالت بالا باشد برابر با $\frac{1}{2}$ است.

■ حال اگر آلپس اسپین خودش را اندازه‌گیری کند و آن را در جهت بالا بیابد، آنگاه حالت پسا اندازه‌گیری به صورت زیر خواهد بود:


$$|\uparrow\rangle$$
$$|\uparrow\rangle$$


و لذا اسپین ذره باب نیز به طور قطع در راستای بالا خواهد بود.

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

دور بری کوانتومی

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

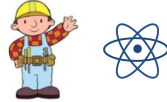
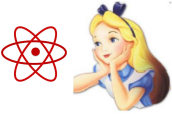
رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

دور بری کوانتومی



اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت





اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی
دور بری کوانتومی
کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی
الگوریتم شور
الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

دور بری کوانتومی


$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle |\downarrow\rangle$$


اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی






الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

دور بری کوانتومی


$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle |\downarrow\rangle$$


$$|\psi\rangle$$

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی





الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

دور بری کوانتومی


$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle |\downarrow\rangle$$



$$|\psi\rangle$$

۱ آلیس روی دو کیوبیتش اندازه‌گیری بل انجام می دهد

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات

کلاسیک

بیت

اطلاعات

کوانتومی

کیوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

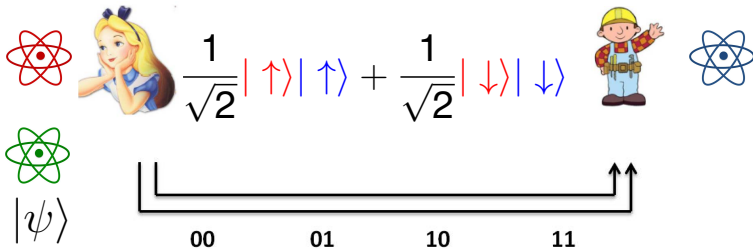
الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

دور بری کوانتومی



- ۱ آلیس روی دو کیوبیتش اندازه‌گیری بل انجام می دهد
- ۲ آلیس نتیجه اندازه‌گیری را با تلفن (دو بیت) به باب خبر می دهد

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کیوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

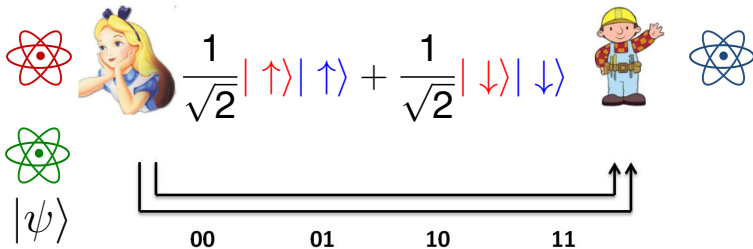
رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

دور بری کوانتومی



- ۱ آلیس روی دو کیوبیتش اندازه‌گیری بل انجام می دهد
 - ۲ آلیس نتیجه اندازه‌گیری را با تلفن (دو بیت) به باب خبر می دهد
 - ۳ با توجه به نتیجه آلیس، باب یکی از چهار عملیات زیر را بر روی اتم خودش انجام می دهد
- σ_0 σ_1 σ_2 σ_3

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کیوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

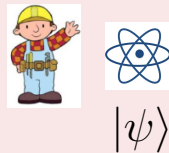
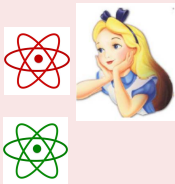
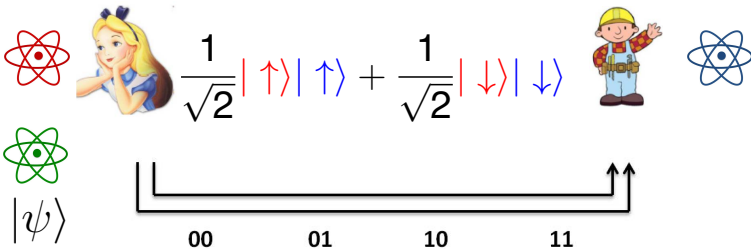
الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

دور بری کوانتومی



اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

کد گذاری فشرده کوانتومی

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

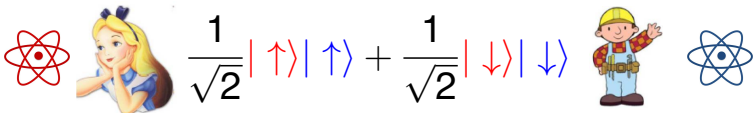
الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

کد گذاری فشرده کوانتومی

■ آلیس و باب یک حالت درهم تنیده را به اشتراک گذاشته اند


$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle |\downarrow\rangle$$

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

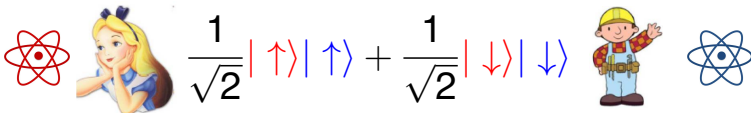
الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

کد گذاری فشرده کوانتومی

■ آلیس و باب یک حالت درهم تنیده را به اشتراک گذاشته اند


$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle |\downarrow\rangle$$

در آزمایشگاه آلیس

آلیس تصمیم به ارسال یک پیام دو بیتی با مضمون زیر را دارد

00

01

10

11

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

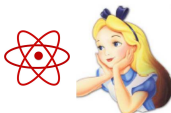
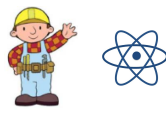
الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

کد گذاری فشرده کوانتومی

■ آلیس و باب یک حالت درهم تنیده را به اشتراک گذاشته اند


$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle |\downarrow\rangle$$


در آزمایشگاه آلیس

آلیس تصمیم به ارسال یک پیام دو بیتی با مضمون زیر را دارد

00 01 10 11

و لذا عملیات زیر را بر روی کیوبیتش انجام می دهد:

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کیوبیت

درهم تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی





الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

کد گذاری فشرده کوانتومی

■ آلیس و باب یک حالت درهم تنیده را به اشتراک گذاشته اند


$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle |\downarrow\rangle$$


در آزمایشگاه آلیس

آلیس تصمیم به ارسال یک پیام دو بیتی با مضمون زیر را دارد

00 01 10 11

و لذا عملیات زیر را بر روی کیوبیتش انجام می دهد:

σ_0

σ_1

σ_2

σ_3

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کیوبیت

درهم تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی





الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

کد گذاری فشرده کوانتومی

■ آلیس و باب یک حالت درهم تنیده را به اشتراک گذاشته اند


$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle |\downarrow\rangle$$


در آزمایشگاه آلیس

آلیس تصمیم به ارسال یک پیام دو بیتی با مضمون زیر را دارد

00 01 10 11

و لذا عملیات زیر را بر روی کیوبیتش انجام می دهد:

σ_0 σ_1 σ_2 σ_3

■ آلیس کیوبیت خودش را برای باب ارسال می کند

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کیوبیت

درهم تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

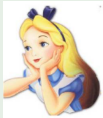
الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

کد گذاری فشرده کوانتومی

در آزمایشگاه باب



اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

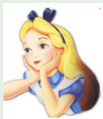
الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

کد گذاری فشرده کوانتومی

در آزمایشگاه باب



باب بر روی دو کیوبیتش اندازه‌گیری بل انجام می دهد

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کیوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

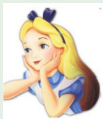
الکوریتم شور

الکوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

کد گذاری فشرده کوانتومی

در آزمایشگاه باب



باب بر روی دو کیوبیتش اندازه‌گیری بل انجام می دهد

 ψ_0  ψ_1  ψ_2  ψ_3

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کیوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

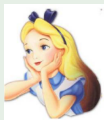
الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

کد گذاری فشرده کوانتومی

در آزمایشگاه باب



باب بر روی دو کیوبیتش اندازه‌گیری بل انجام می دهد



Ψ_0



00



Ψ_1



01



Ψ_2



10



Ψ_3



11

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کیوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

رمزنگاری کوانتومی

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

رمزنگاری کوانتومی

آلیس پیام را با استفاده از کلید به پیام رمزی تبدیل می‌کند و آن را برای باب ارسال می‌کند.

00110101101010010111
10111011001110100100
10001110100100110011

پیام
+ کلید
= پیام رمزی



اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

رمزنگاری کوانتومی

آلیس پیام را با استفاده از کلید به پیام رمزی تبدیل می‌کند و آن را برای باب ارسال می‌کند.

00110101101010010111
10111011001110100100
10001110100100110011

پیام
+ کلید
= پیام رمزی



باب پیام رمزی دریافتی را با استفاده از کلید، رمز گشایی می‌کند

10001110100100110011
10111011001110100100
00110101101010010111

پیام رمزی
- کلید
= پیام



اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات

کلاسیک

بیت

اطلاعات

کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

رمزنگاری کوانتومی

آلیس پیام را با استفاده از کلید به پیام رمزی تبدیل می‌کند و آن را برای باب ارسال می‌کند.




00110101101010010111
10111011001110100100
10001110100100110011

پیام
کلید +
پیام رمزی =



باب پیام رمزی دریافتی را با استفاده از کلید، رمز گشایی می‌کند



10001110100100110011
10111011001110100100
00110101101010010111

پیام رمزی
کلید -
پیام =



اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات

کلاسیک

بیت

اطلاعات

کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنبندی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

الگوریتم شور

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی
دور بری کوانتومی
کد گذاری فشرده
کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی
الگوریتم شور
الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

الگوریتم شور



الگوریتم شور زمان لازم برای تجزیه یک عدد صحیح به عامل های اول را به طور نمایی کاهش می دهد.

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

الگوریتم شور



الگوریتم شور زمان لازم برای تجزیه یک عدد صحیح به عامل های اول را به طور نمایی کاهش می دهد.

```
279978339112213278708294678387229016210
704467899954285375600099293261284001076
093456710829653808590018223519100513657
889371059644920085787750985805578135790
987340501441788631789402951872378662218
23983
```

=

```
353248193440277012127260497819846436867
119740019762502364930346877812125367942
3200088547956528088349
```

×

```
792586995447833303334708584148005988773
797585736421998073433034145576787281815
2135381409304740185467
```

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

الگوریتم شور



الگوریتم شور زمان لازم برای تجزیه یک عدد صحیح به عامل های اول را به طور نمایی کاهش می دهد.

```
27997833911221327870829467837229016210
704467899954285375600099293261284001076
093456710829653809890618223519100513657
88937105964492008578775098905578135790
987340501441788631789462951872378662218
23983
```

=

```
353246193440277012127260497819846436867
119740019762502364930346877612125367942
3200058547956528088349
```

×

```
792586995447833303334708584148005988773
797585736421998073433034145576787281815
2135381409304740185467
```

زمان لازم برای فاکتوریزه کردن یک عدد n رقمی بر روی کامپیوتر کلاسیکی از مرتبه $\exp\left(n^{\frac{1}{3}} (\log n)^{\frac{2}{3}}\right)$ است.

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیکی

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

الگوریتم شور



الگوریتم شور زمان لازم برای تجزیه یک عدد صحیح به عامل های اول را به طور نمایی کاهش می دهد.

```
279978339112213278708294678387229016210
70446789954285375600099293261284001076
09345671052955308980018223519100513657
888371059544920085787750985805578135790
987340501441788631789402951872378662218
23983
```

=

```
353248193440277012127260497819846436867
119740019762502364930346877812125367942
3200058547956528088349
```

×

```
79258669544783303334708584148005988773
797585736421998073433034145576787281815
2135381409304740185467
```

زمان لازم برای فاکتوریزه کردن یک عدد n رقمی بر روی کامپیوتر کلاسیکی از مرتبه $\exp\left(n^{\frac{1}{3}} (\log n)^{\frac{2}{3}}\right)$ است.

زمان لازم برای فاکتوریزه کردن یک عدد n رقمی بر روی کامپیوتر کوانتومی از مرتبه $n^2 \log n$ است.

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی

کوانتومی

الگوریتم گراور

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی



الگوریتم گراور زمان لازم برای یافتن یک داده
مشخص از یک پایگاه داده ها را به طور مربع
کاهش می دهد.

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی



الگوریتم گراور زمان لازم برای یافتن یک داده
مشخص از یک پایگاه داده ها را به طور مربع
کاهش می دهد.

زمان لازم برای جستجوی یک داده مشخص از یک پایگاه نامرتب N
عضوی، بر روی کامپیوتر کلاسیکی از مرتبه N است.

الگوریتم گراور



الگوریتم گراور زمان لازم برای یافتن یک داده
مشخص از یک پایگاه داده ها را به طور مربع
کاهش می دهد.

زمان لازم برای جستجوی یک داده مشخص از یک پایگاه نامرتب N
عضویی، بر روی کامپیوتر کلاسیکی از مرتبه N است.

زمان لازم برای جستجوی یک داده مشخص از یک پایگاه نامرتب N
عضویی، بر روی کامپیوتر کوانتومی از مرتبه \sqrt{N} است.

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک
بیت

اطلاعات
کوانتومی
کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

واهمدوسی کوانتومی

اطلاعات
کوانتومی

اخترشناس

اطلاعات
کلاسیک

بیت

اطلاعات
کوانتومی

کوبیت

درهم‌تنیدگی کوانتومی

دور بری کوانتومی

کد گذاری فشرده

کوانتومی

رمز نگاری کوانتومی

الگوریتم شور

الگوریتم گراور

واهمدوسی
کوانتومی

۱ چطور می توان خواص کوانتومی را حفظ کرد؟