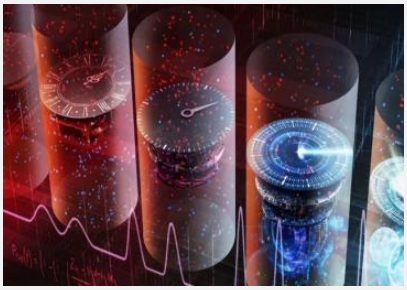

دوشنبه 18 اردیبهشت 1402 - 07:02

رایانه‌های کوانتومی؛

راز دستیابی به صفر مطلق

طبق قوانین ترمودینامیک برای رسیدن به دمای صفر مطلق به زمان یا انرژی بی نهایت نیاز است، اما یک مطالعه جدید می‌گوید راه دیگری وجود دارد.

طبق قوانین ترمودینامیک برای رسیدن به دمای صفر مطلق به زمان یا انرژی بی نهایت نیاز است، اما یک مطالعه جدید می گوید راه دیگری وجود دارد.

به گزارش ایسنا و به نقل از آی ای، نور، صدا و گرما همگی از انواع انرژی در اطراف ما هستند. ترمودینامیک شاخه ای از علم است که به ما کمک می کند بفهمیم انرژی چگونه بین اجسام حرکت می کند و طبق قانون سوم ترمودینامیک، سرد کردن هر جسمی تا دمای منفی ۲۷۳.۱۵ درجه سانتی گراد یا «صفر مطلق» که کمترین دمای ممکن است، غیرممکن است.

اکنون یک گروه پژوهشی از دانشگاه صنعتی وین در اتریش راهی برای سرد کردن یک جسم تا دمای صفر مطلق پیدا کرده است.

مطالعه منتشر شده در مجله PRX Quantum این مسیر جایگزین را با استفاده از محاسبات کوانتومی تشریح می کند.

پژوهشگران می گویند این یافته ها می تواند به ما در درک بهتر نحوه عملکرد ترمودینامیک در مقیاس کوانتومی کمک کند.

نظریه اطلاعات و اصل لانداوه

قانون سوم ترمودینامیک برای سیستم ها و اجسام کلاسیک فرموله شده است، به این معنی که سیستم های کوانتومی را در بر نمی گیرد. حتی تا به امروز، برهمکنش مکانیک کوانتومی و ترمودینامیک به خوبی درک نشده است و این درک همان چیزی است که پژوهشگران را به سمت دریافت این یافته های جدید سوق داد.

طبق اصل لانداوه در نظریه اطلاعات، برای حذف یک بیت از اطلاعات به حداقل و مقدار انرژی محدودی نیاز است. از سوی دیگر، قوانین ترمودینامیک بیان می کند که برای سرد کردن یک سیستم یا جسم تا صفر مطلق، به انرژی بی نهایت نیاز دارید. مشکل اینجاست که هر دو به یک معنا هستند.

اصل لانداوه(Landauer's principle) یک اصل فیزیکی است که بیان می کند برای پاک کردن یک بیت از اطلاعات اندکی انرژی در محیط تلف می شود. هم با کمک قانون دوم ترمودینامیک و هم با کمک تحلیل های مایکروسکوپیک مستقل از قانون دوم ترمودینامیک می توان به این اصل رسید.

رولف لانداوه این اصل را در سال ۱۹۶۱ میلادی مطرح کرد. استدلال او این بود که چون پاک کردن، یک تابع منطقی است که وارون آن مقدار یکتایی ندارد، بنابراین باید با نوعی بازگشت ناپذیری فیزیکی همراه باشد و در نتیجه با تولید گرما همراه است. مطابق بیان لانداوه، با فرض اینکه آنتروپی اطلاعات نوعی آنتروپی فیزیکی است، از آنجایی که هر بیت پیش از پاک شدن می تواند دو حالت متفاوت داشته باشد، ولی پس از پاک شدن تنها یک حالت برای آن متصور است، بنابراین آنتروپی اطلاعات آن باید اندکی تغییر کند و از آنجایی که آنتروپی هرگز نمی تواند کاهش یابد، باید به صورت گرما خودش را نشان دهد.

پژوهشگران این مطالعه جدید می گویند برای رسیدن به صفر مطلق لزوماً به انرژی بی نهایت نیاز نیست، همچنین می توان زمان بی نهایتی را با انرژی محدود برای رسیدن به صفر مطلق صرف کرد. اینجاست که این گروه پژوهشی یک پارامتر پنهان، یعنی هم تافتی یا پیچیدگی(complexity) را پیدا کرد.

آنها دریافتند که اگر کنترل بی نهایت کاملی بر روی یک سیستم بی نهایت پیچیده مانند سیستم های کوانتومی داشته باشید، آنگاه می توان یک جسم را با انرژی مشخص و محدود در زمان مشخص و محدود تا صفر مطلق سرد کرد. در واقعیت این امکان پذیر نیست، زیرا ما با بی نهایت ها سر و کار داریم.

رایانه های کوانتومی و اطلاعات

یافته های این مطالعه یک مشکل اساسی در رایانه های کوانتومی عملی را برجسته می کند. از لحاظ نظری، اگر ما یک رایانه کوانتومی بی نهایت هم تافت و پیچیده داشتیم، می توانستیم داده های ذخیره شده در کیوبیت ها را پاک کنیم.

در واقعیت، این امکان پذیر نیست. هیچ ماشینی کامل نیست. در حالی که می توان رایانه های کوانتومی ساخت که به خوبی کار کنند، اما آنها نمی توانند بی نهایت هم تافت و پیچیده باشند. این ما را به مشکل دیگری در رایانه های کوانتومی سوق می دهد که هامن ناپایداری در دماهای بالاتر است.

رایانه های کوانتومی معمولاً در دماهای بالاتر به دلیل نویز(اختلال) و شکستن حالت های کوانتومی مختل می شوند و برای استفاده، ناپایدار می شوند. هر دوی این مشکلات بر نیاز به تحقیقات بیشتر در زمینه ترمودینامیک کوانتومی تاکید دارند.

پژوهشگران می گویند، اصول اساسی برای درک و پیاده سازی فناوری های کوانتومی بهتر در آینده ضروری است.

در چکیده این پژوهش آمده است:

ترمودینامیک دانش ما از جهان را به توانایی ما برای دستکاری و در نتیجه کنترل آن متصل می کند. این نقش حیاتی کنترل را قانون سوم ترمودینامیک، اصل دست نیافتنی نرنست(Nernst) نشان می دهد که بیان می کند برای خنک کردن یک سیستم تا دمای صفر مطلق به منابع بی نهایت نیاز است. اما این منابع چیست و چگونه باید از آنها استفاده کرد و این چه ارتباطی با اصل لانداوه دارد که اطلاعات و ترمودینامیک را به هم متصل می کند؟

ما با ارائه چارچوبی برای شناسایی منابعی که امکان ایجاد حالت های کوانتومی خالص را فراهم می کنند به این سؤالات پاسخ می دهیم. ما نشان می دهیم که خنک سازی کامل با هزینه انرژی لانداوه با توجه به زمان بی نهایت یا پیچیدگی کنترل، امکان پذیر است.

کار ما اصل لانداوه را به یک محیط کاملاً ترمودینامیکی تعمیم می دهد که منجر به اتحاد با قانون سوم ترمودینامیک می شود و بر اهمیت کنترل در ترمودینامیک کوانتومی تأکید می کند.