خبرهای علمی

مترجم: منیژه رهبر

مرزهای فیزیک

تبیین حدّ کارنو

هر بار مهندسان می‌خواهند نوعی ماشین گرمایی طراحی کنند یا طرح موجودی را بهبود بخشند، به یک حدّ کارآیی بنیادی موسوم به حدّ کارنو برخورد می‌کنند.

جین و اوتو مورنینگ[1] استار استادان MIT که همراه بـا رابرت جافه[2] درس فیزیک انرژی را تدریس می‌کنند می‌گوینـد «حدّ کارنو مقدار معینـی را به قابلیت تبدیل انرژی گرمایی به کار مفید تحمیل می‌کند». اگر مهندسان بخواهند ماشـینی با کارآیی ۳۵ درصد را دوباره طراحی کنند، بین ماشینی که بیشینه‌ی کارآیی ممکن آن ۸۰ درصد باشـد ـ که در این مورد شاید بالاتر بردن آن امکان‌پذیر نباشـد ـ یا ۵۰ درصد، که برای آن حاشـیه‌ی بهبود قابل ملاحظه‌ای وجـود دارد، تفـاوت زیادی وجـود خواهد داشت.

نیـکلاس لئونارد سـادی کارنـو[3]، متولد سـال ۱۷۹۶ در فرانسه که فقط ۳۶ سـال عمر کرد، این حد را به دست آورد. بصیرت‌هـای او در مـورد سرشـت گرما، و محدودیت‌های ماشین‌هایی که از گرما استفاده می‌کنند، تأثیری داشت که تاکنون باقی مانده اسـت. آنچه دسـتاوردهای او را قابل ملاحظه‌تر می‌سـازد این مطلب اسـت که سرشت گرما تا مدت‌ها پس از درگذشـت کارنو شـناخته نشده بود. در زمان پژوهش‌های او، هنوز دانشـمندان موافق نظریه «کالریک» گرما بودند که بعداً بی‌اعتبار شد. طبق این نظریه شـاره‌ای نامرئی موسوم به کالریک گرما را از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌کرد.

کتاب سال ۱۸۲٤ کارنو موسوم به «تأملاتی در مورد توان محرکه‌ی گرما» شالوده‌ی اصولی شد که در بعضی مـوارد هنوز کاربردی گسـترده دارد. یکی از این اصول حدّ کارنوسـت (که به کارآیی کارنو هم معروف است)، و با این معادله‌ی ساده بیان می‌شود که کارآیی برابر است با تفاوت دمای شـاره‌ی کاری گرم ـ مانند بخار در یک نیروگاه ـ و دمای شاره‌ی خنک شده هنگامی که ماشین را ترک می‌کند، تقسیم بر دما برحسب درجه کلوین (یعنی دمـای بالاتر از صفر مطلق) شـاره گـرم. کارآیی نظری برحسب درصدی بیان می‌شود که می‌توان به آن نزدیک شد، اما هرگز نمی‌توان به آن رسید.

در زمان کارنو، بهترین ماشـین‌های گرمایی دارایی کارآیی حدود ۳ درصد بودند. امروز، ماشـین‌های بخار

تصویر نیکلاس لئونارد سادی کارنو

معمولی می‌توانند به کارآیی‌های ۲۵ درصد برسند، و ژنراتورهای بخار در نیروگاه‌های با سوخت گاز می‌توانند کارآیی‌های ۴۰ درصد و بالاتر هم داشته باشند ـ حدّ کارنو بسته به تفاوت بخار در این نیروگاه‌ها حدود ۵۱ درصد است. کارآیی اتومبیل‌های کنونی ۲۰ درصد یا کمتر و حدّ کارنو برای آن‌ها ۳۷ درصد است.

چون حدّ کارآیی تابع اختلاف دمای منبع گرما و چیزی است که برای خنک کردن آن به کار می‌رود ـ معمولاً هوای خارج یا توده‌ای از آب ـ بدیهی است که هرچه منبع گرما داغ‌تر باشد، کارآیی ممکن بیشتر است. بنابراین، یک راکتور هسته‌ای نسل چهارم که بخار را تا ۱۲۰۰ درجه سلسیوس گرم می‌کند، مقدار معینی از انرژی را بسیار کارآمدتر از منبع انرژی زمین گرمایی به کار می‌برد که از بخار ۱۲۰ درجه سلسیوس استفاده می‌کند.

بهترین حافظه‌ی کوانتومی جهان

یک گروه در دانشگاه ملی استرالیا (ANU)[۴] کارآمدترین حافظه‌ی کوانتومی جهان را برای نور به وجود آورده‌اند که ما را به ابر رایانه‌های بسیار سریع و مخابرات مبتنی بر قانون‌های فیزیک نزدیک‌تر می‌کند.

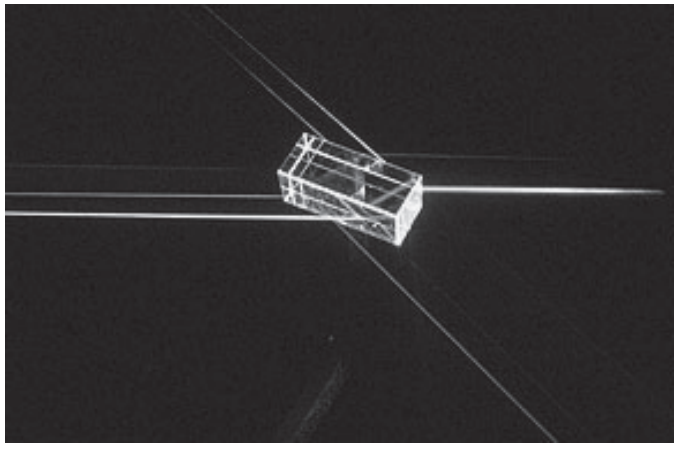
گروه مدرسه پژوهشی فیزیک و مهندسی ANU از روشی استفاده کرده‌اند که جهت توقف و کنترل نور لیزر، و کاربرد ماهرانه **الکترون‌ها** در بلوری ابداع کرده بودند که تا ۲۷۰– درجه سلسیوس خنک شده بود. کارآیی و دقت بی‌سابقه دستگاه امکان ذخیره‌سازی، دست‌کاری، و فراخوانی ماهرانه‌ی سرشت کوانتومی نور را فراهم می‌سازد.

مورگان هجز[۵] پژوهشگر اصلی گروه می‌گوید: «نور ورودی به بلور به‌تدریج کند و متوقف می‌شود، و در آنجا باقی می‌ماند تا دوباره آن را به حرکت درآوریم، که در این مورد هرچه را که از آن انتظار داریم، مانند تمام نگاشت‌های سه بعدی و غیره را تا آخرین فوتون از آن به دست می‌آوریم.

«عدم قطعیت ذاتی در **مکانیک کوانتومی** باعث می‌شود که برخی از اطلاعات موجود در این نور هنگام اندازه‌گیری از بین برود، و آن را تمام‌نگاشت یک بار مصرف سازد. چون مکانیک کوانتومی تضمین می‌کند که اطلاعات را فقط یک بار می‌توان خواند، این روش برای مخابرات ایمن ایده‌ال است.

همین کیفیت‌های کارآمدی و دقت، حافظه را برای استفاده در **محاسبات کوانتومی** مطلوب می‌سازد که می‌توانند بسیار سریع‌تر و توانمندتر از محاسبات کنونی باشند.

نور در آزمایش حافظه کوانتومی از بلور می‌گذرد.



به علاوه، پژوهشگران می‌گویند که ذخیره‌سازی نوری امکان آزمودن فیزیک بنیادی، مانند چگونگی برهم کنش پدیده‌های عجیب **درگیری** کوانتومی با نظریه نسبیت را فراهم می‌سازد.

به گفته دکتر ماتیو سلراز[۶] رهبر گروه «می‌توانیم حالت کوانتومی دو حافظه، یعنی دو بلور را طبق مکانیک کوانتومی درگیر کنیم. طبق قوانین مکانیک کوانتومی، خواندن یک حافظه، بدون توجه به فاصله‌ی آن‌ها، بلافاصله آنچه را در حافظه‌ی دیگر ذخیره شده است تغییر می‌دهد. با توجه به نسبیت، گذشت زمان در یک حافظه از حرکت آن تأثیر می‌پذیرد. با یک **حافظه کوانتومی** خوب، اندازه‌گیری چگونگی برهم کنش این اثرهای بنیادی می‌تواند به راحتی قراردادن بلور در اتومبیل و راندن آن باشد. این گروه آزمایشی را انجام داده‌اند که در آن **نور** در بلور به مدت یک ثانیه متوقف شده است که هزار مرتبه طولانی‌تر از چیزی است که قبلاً امکان‌پذیر بود. او می‌گوید گروه اکنون در پی ساخت دستگاه‌هایی است که کارآیی بالا را با زمان‌های ذخیره‌سازی در حدود ساعت ترکیب کند.

یافته‌های این گروه در شماره هفته منتهی به ۲۴ ژوئن ۲۰۱۰ مجله **نیچر** چاپ شده است.

توجیه رسانندگی «ناممکن»

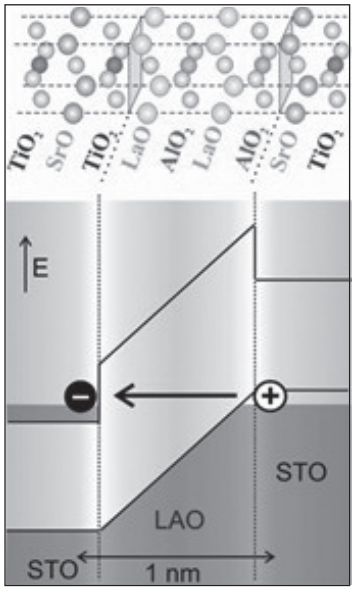
اگر دو ماده‌ای را که رساننده نیستند کنار هم بگذارید، درست در فصل مشترک آن‌ها چیز جالب توجهی اتفاق می‌افتد: در آن نقطه هدایت الکتریکی امکان‌پذیر می‌شود.

پژوهشگران انستیتوی نانوفناوری دانشگاه توئنته[7] در هلنـد، همراه با همکاران خود از مونیخ، برکلی و دیویس همچنین نشان داده‌اند که در این فصل مشترک دو «مسیر» رساننده‌ی موازی به فاصله یک نانومتر از هم پدید می‌آید. این تنها یک موفقیت در درک ما از این پدیده نیست، بلکه امکانات زیادی را در حوزه‌ی نانوالکترونیک در اختیارمان می‌گـذارد. پژوهشـگران یافته‌های خـود را در **فیزیکال ریویولترز**[8] منتشر کرده‌اند.

پژوهشگران دانشگاه توئنته قبلاً نشان داده بودند که دو اکسـید فلز که رساننده نیسـتند می‌توانند در نقطه‌ی تماس با یکدیگر رسـانا شـوند، و دو اکسید فلز که مغناطیسی نیسـتند در فصل مشـترک، مثلاً در ترکیب تیتانیت استرانیسم و آلومینات لانتانم، «ناگهان» مغناطیسی می‌شـوند. وقتی این دو اکسـید پیچیده در تماس با هم قرار گیرند، یون‌های مختلف موجود در فصل مشـترک دو بلـور با بارهای مربوط به خـود حضور دارند. وقتی تماس برقرار شـود، بازآرایی بار، معروف به بازسـازی الکترونیکی، صورت می‌گیرد.

در نقطه‌ای که تعداد **الکترون‌ها** بیشـتر اسـت، آن‌ها می‌توانند الکتریسیته را هدایت کنند. همزمان با آن، انتظار مـی‌رود که حفره‌ها ـ حاملان بار مثبت ـ در جایی از این ساختار که الکترون‌ها قرار داشتند به وجود آیند. محاسبه‌های جدید و آزمایش‌ها نشان داده‌اند که این حفره‌ها واقعاً وجود دارند، و حفره‌هـا و الکترون‌ها موازی با هم، به فاصله‌ی درسـت یک نانومتر از هم حرکت می‌کنند. این فقط یک پیـروزی در درک هدایـت الکتریکی در فصل مشـترک نیست، بلکه راه را برای کاربردهایی در الکترونیک جریان نیمرسانا باز می‌کند که اکنون ناممکن است. مثلاً، یک امکان هیجان‌انگیز آن است که شاید به واسطه‌ی آن برهم کنش، با ذرات و حالت‌های کوانتومی جدید، تشکیل شود.

علاوه بر آن، تاکنون فرض می‌شد که برای دست یافتن به این اثر اکسـیدهای با ضخامت خاص لازم اسـت. اما، پژوهش‌های تازه منتشر شـده نشان می‌دهد که سازوکار حتی با ضخامت یک سلول واحد، یعنی فقط یک لایه در بلور، هم صورت می‌گیرد. انستیتوی نانوفناوری امکانات منحصر به فردی برای ساخت این نوع لایه‌های اکسید در ابعاد اتمی دارد، و به این ترتیب موفق به ساخت موادی با ویژگی‌های بسیار متفاوت شده است.



این ساختار اتمی اکسید لانتانم با لایه‌ی پوششی تیتانیت استرانیم بر روی بستری از تیتانیت استرانسیم قرار دارد (ساختار بلوری از چپ به راست در بالای تصویر)، پتانسیل درونی در لایه‌ی LAO باعث تقسیم مجدد بار می‌شود. الکترون‌های به‌وجود آمده در فصل مشترک حفره‌هایی را به فاصله درست یک نانومتر به جا می‌گذارند. الکترون‌ها (چپ) و حفره‌ها (راسـت) در رسانندگی الکتریکی سهیم می‌شوند.

برای اطلاعات بیشتر می‌توانید به وب‌سایت‌های زیر مراجعه کنید:

http:/prl.asp.org
www.Physorg.com/news 193507171.html

پی‌نوشت

1. Jane and otto morningstar
2. Robert Jaffe
3. Nicolas Leonard Sadi Carnot
4. Australian National University
5. Morgan Hedges
6. Motthow sellars
7. Twente
8. Physical Review Letters

منبع

www.physorg.com