# مرزهای فیزیک

## تازه‌ترین اخبار پژوهشی

دکتر منیژه رهبر

### ۲۰۲۰ مهلت اجتناب از فاجعه زیست‌محیطی

انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی طی دو سال اخیر به حدود ٤١ میلیارد تن در سال تثبیت شده است.

به‌نظر متخصصان، جامعهٔ جهانی باید انتشار دی‌اکسیدکربن در جو را تا سال ۲۰۲۰ در روندی نزولی به مقداری محدود سازد که گرم شدن سراسری را طبق معاهده آب و هوایی پاریس به کمتر از دو درجه سلسیوس برساند.

جهانی که بیش از این آســـتانه گرم شود در معرض اوج‌گیری آثار مخربی قرار می‌گیرد که در گسترهٔ وسیع شامل امواج گرمایی مرگبار تا مهاجرت‌های گروهی ناشی از بالا رفتن سطح دریاها قرار دارد. متخصصان دربارهٔ این مطلب در مقاله‌ای هشدار دادند که در مجلهٔ علمی نیچر[1] چاپ شده است.

تاکنون با افزایش دمای ۱/۰ درجه سلســـیوس، ورقه‌های یخ که می‌توانند سطح اقیانوس‌ها را چند متر بالا ببرند سریع‌تر آب می‌شوند، آب سنگ‌های مرجانی از فشار گرمایی از بین می‌روند، و طوفان‌های زیان‌بار به مجامع ساحلی آسیب می‌رسانند.

اســـتفاده از منابع انرژی پاک‌تر در دســـت اقدام و مورد تأیید همگان ـ به استثنای ایالات متحده تحت رهبری دونالد ترامپ[2] ـ است، زیرا تهدید تغییر **آب و هوا** بسیار جدی است.

انتشار سراسری دی‌اکسید کربن ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی پس از روند صعودی دهه‌های اخیر طی دو سال اخیر در حدود ٤/١ میلیارد تن در سال تثبیت شده است.

اما حتی با این آهنگ «بودجهٔ کربنی» سیاره ـ خط قرمز مقدار $CO_2$ که می‌توان بدون عبور از ۲/۰ درجه سلســـیوس وارد جو کرد ـ در طی چند دهه، شاید هم زودتر، مصرف می‌شود.

طبق گزارش امضاشده توسط کریستیانافیگورس[3] رئیس مسئول بخش آب و هوای UN و سه **دانشمند متخصص آب و هوای** معتبر و دو متخصص مربوط از بخش تجارتی «برای کربن‌زدایی از اقتصاد جهانی راه درازی در پیش داریم. وقتی بحث آب و هوا پیش می‌آید، زمان‌بندی چیزی است که اهمیت دارد.»

نویســـندگان گزارش به رهبران شرکت‌کننده در گردهمایی گروه ۲۰ در تاریخ ۸ ـ ۷ ژوئیه در هامبورگ پیشنهاد کردند که سال ۲۰۲۰ را نقطه کلیدی برای موفقیت یا شکست در انجام این طرح در نظر بگیرند.

اما پس از تصمیم ترامپ برای خروج از توافق‌نامهٔ امضا شـــده توســـط ۱۹٦ کشور، و خودداری او از پیوستن به توافق همگانی در گردهمایی گروه ۷ در ماه مه گذشته، چنین نتیجه‌ای مورد تردید است.

طبق این گزارش دستیابی به چند معیار تا سال ۲۰۲۰ ضروری است.

انـــرژی تجدیدپذیر ـ عمدتاً مربوط به باد و خورشـــید ـ باید دست‌کم ۳۰ درصد الکتریســـته مورد نیاز جهان را تولید کند. علاوه بر آن هیچ نیروگاه ذغال سنگی نباید پس از این تاریخ مورد تأیید قرار گیرد.

در بخش حمل و نقل، وسایل نقلیه الکتریکی ـ که اکنون فقط یک درصد فروش اتومبیل‌های جدید را تشکیل می‌دهند ـ باید تا آن تاریخ به ۱۵ درصد برسد.

همچنین دولت‌ها باید کارآیی ســـوخت ماشـــین‌آلات بادوام را ۲۰درصد بهبود بخشـــند و آلودگی **دی‌اکسید کربن** در هر کیلومتر مسافت طی‌شده در بخش هوایی را ۲۰ درصد کم کنند. $CO_2$ ناشی از بخش حمل‌ونقل هوایی که هنوز به سرعت بالا می‌رود حدود دو درصد انتشارهای ناشی از فعالیت بشر را تشکیل می‌دهد. گازهای گلخانه‌ای ناشی از نابودی جنگل‌ها و کشاورزی که اکنون ۱۲ درصد کل جهان را تشکیل می‌دهد، باید طی یک دهه به صفر برسد.

متخصصان معیارهای شدیدی را برای مهار کردن کربن منتشر شـــده از صنایع سنگین، همین‌طور ســـاختمان‌ها و تأسیسات زیربنایی در نظر گرفتند.

ســـرانجام، دولت‌ها و بانک‌ها باید «اوراق قرضهٔ ســـبز» مورد استفاده برای تأمین بودجهٔ عملیات کاهش $CO_2$ را، که اکنون حدود ۸۱ میلیارد دلار است، ده برابر زیاد کنند.

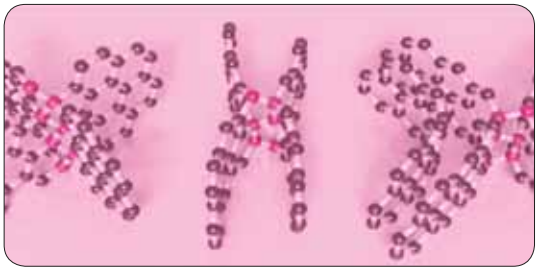
برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به:

Three years to safeguard our climate, Nature (۲۰۱۷).

**پی‌نوشت‌ها**

1. Nature
2. Donald Trump
3. Christiana Figueres

## شکل جدید کربن سخت‌تر از الماس و خم شدنی چون لاستیک



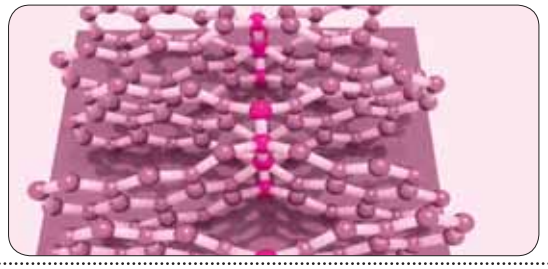
دانشمندان روشی را برای **بسیار سخت و بسیار کش‌آمدنی ساختن** کربن با گرم کردن آن تحت فشار زیاد یافته‌اند. این «کربن شیشه‌ای متراکم» را که بسیار سبک است و می‌توان آن را در مقادیر زیاد ساخت، پژوهشگران در چین و ایالات متحده به دست آورده‌اند. در نتیجه، این محصول می‌تواند کاربردهای گسترده‌ای در مواردی از ساخت جلیقه‌های ضدگلوله گرفته تا ابزارهای الکترونیکی جدید داشته باشد.

کربن عنصری خاص است چون **اتم‌های** آن می‌توانند پیوندهای گوناگونی با یکدیگر داشته باشند و ساختارهای متفاوتی را تشکیل دهند.

به‌عنوان مثال، اتم‌های کربن می‌توانند با پیوندهای کاملاً «$SP^3$» الماس را تولید کنند، و همین پیوندهای کاملاً «$SP^3$» گرافیت را هم تولید می‌کنند، که می‌توان آن‌ها را در لایه‌های تک اتمی معروف به گرافن از هم جدا کرد. شکل دیگری از کربن معروف به کربن شیشه‌ای، نیز از پیوندهای $SP^2$ به دست می‌آید که ویژگی‌های گرافیت و سرامیک‌ها را با هم دارد.

اما کربن شیشه‌ای و متراکم جدید دارای مخلوط پیوندهای $SP^2$ و $SP^3$ است که ویژگی‌های غیرعادی را به آن می‌دهد. برای تشکیل **پیوندهای اتمی** به انرژی اضافی نیاز دارید. وقتی پژوهشگران چند ورق گرافن را در دماهای زیاد به هم فشردند متوجه شدند که برخی اتم‌های کربن درست در جای مناسب برای تشکیل پیوندهای $SP^3$ بین لایه‌ها قرار گرفتند.

آن‌ها با مطالعهٔ دقیق مادهٔ جدید دریافتند که بیش از یکی از پنج پیوند تشکیل شده $SP^3$ است. این بدان معناست که اتم‌ها هنوز در ساختارهای گرافن ـ مانند گرد هم آمده‌اند، اما پیوندهای جدید آن را بیشتر شبیه شبکهٔ بزرگ در هم تنیده‌ای می‌سازد که دارای استحکام زیادتر است. در مقیاس کوچک ورقه‌های گرافن، اتم‌ها در طرح شش گوشی منظم چیده شده‌اند. اما در مقیاس بزرگ‌تر، ورقه‌ها آرایش نامنظمی دارند. این احتمالاً همان چیزی است که به آن ویژگی توأم سختی و انعطاف‌پذیری را می‌دهد.



### پیوند $SP^3$

پژوهشگران کربن شیشه‌ای متراکم را با استفاده از روش نسبتاً ساده‌ای تولید کرده‌اند که امکان تولید انبوه و ارزان قیمت آن را فراهم می‌سازد. به بیان ساده، آن‌ها از نوعی دستگاه پرس استفاده کردند که فشار زیادی را به کربن وارد می‌سازد. اما این کار به ترفندهایی جهت کنترل دقیق فشار و دما نیاز دارد. این فرایندی زمان‌بر است ولی افرادی که می‌خواهند نتایج آن‌ها را بازسازی کنند می‌توانند به آن دست یابند.

### شگفتی‌های جدید

**مواد** کربنی مدام ما را شگفت‌زده می‌سازند و تأکید پژوهش بر یافتن یا پختن چیزهایی بین شکل طبیعی الماس و گرافیت است. این شکل جدید آخرین نوع از «روش‌های نامحدودی است که می‌توانید طی آن پس از کشف **لوله‌های استوانه‌ای موسوم به نانو لوله** و **مولکول‌های کروی باک مینسترفولرن**، اتم‌های کربن را به هم پیوند دهید.

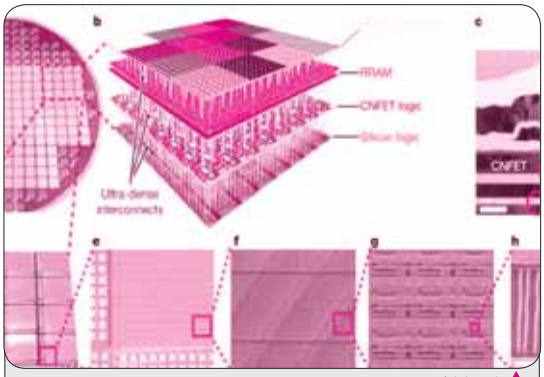
برای ماده‌ای از این نوع ـ که محکم، سبک، و انعطاف‌پذیر است ـ تقاضای زیادی وجود دارد و می‌تواند کاربردهای متنوعی داشته باشد. به‌عنوان مثال، کاربردهای نظامی شامل حفاظ‌هایی برای جت‌ها و بالگردها می‌شود. در صنایع الکترونیک، مواد سبک و ارزان قیمت با ویژگی‌های شبیه سیلیسیم می‌تواند توانایی‌های لازم برای گشودن دریچه‌های جدید برای غلبه بر محدودیت‌های ریزتراشه‌های فعلی را داشته باشد.

رؤیای پژوهشگران یافتن یک مادهٔ کربنی است که بتواند کاملاً جایگزین سیلیسیم شود. شرایط لازم یافتن وضعیتی است که امکان حرکت سریع الکترون‌ها در ماده و قرار دادن آن‌ها در حالت برانگیخته برای شرایط قطع و وصل یک ترانزیستور را فراهم سازد. پژوهشگران کربن شیشه‌ای این ویژگی‌های ماده جدید را بررسی نکرده‌اند و هنوز نمی‌دانند که چقدر برای این کار مناسب است. اما شاید زیاد طول نکشد تا **کربن** دیگری یافته شود. تاکنون، دهه‌ها جست‌وجو چیز مورد نظر ما را نمایان نساخته است، اما شاید نگاه عمیق‌تر آن را در اختیارمان بگذارد.

برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به:

Compressed glassy Carbon, *Science Advances* og June 2017 : Vol 3,no6'e1603213 *Dol: 10,1126/ Sciave. 1603213*, http://advances. science mag.org/ content/3/6/e 1603213.full.

## تراشهٔ سه‌بعدی ، محاسبه و ذخیره‌سازی‌داده‌ها را تلفیق می‌کند



نانو سامانهٔ سه بعدی

چون اطلاعات حک شـــده راه خود را در بسیاری از زمینه‌های زندگی ما از رانندگی خودگردان گرفته تا اطلاعات پزشکی شخصی باز کرده‌اند، بنابراین داده‌های بســـیاری از این راه به‌وجود می‌آید. اما حجم این داده‌ها با چنان ســـرعتی افزایش می‌یابد که توانایی رایانه‌ها در پردازش آن‌ها به اطلاعات سودمند با افت سرعت رو به رو می‌شود.

اما اکنون پژوهشگران دانشگاه استنفورد[1] و ام. آی. تی تراشه‌ای را ساخته‌اند که بر این مشکل غلبه می‌کند. نتایج کار آن‌ها در مقاله‌ای در مجلهٔ نیچر[2] چاپ شده که نویسندهٔ اصلی آن ماکس شولیکر[3] است.

شـــولیکر کار خود به‌عنوان دانشجوی دکتری را همراه با فیلیپ ونگ[4] به راهنمایی پروفسور سابهزیش میترا استاد مهندسی برق در استنفورد آغاز کرد.

رایانه‌های کنونی از تراشه‌های مختلف سرهم‌بندی شده تشکیل شده‌اند تراشه‌ای برای محاسبه و تراشهٔ دیگری برای ذخیره‌سازی داده‌ها وجود دارد و اتصالات بین این دو محدود است. چون کاربردها شامل تحلیل حجم فزاینده‌ای از داده‌ها می‌شود. آهنگ محدود داده‌هایی که می‌تواند بین تراشـــه‌ها مبادله شود یک «گلوگاه» ارتباطی جدی را به‌وجود مـــی‌آورد. و با حجم محدود موجود در تراشه، فضای کافی برای کنار هم قرار دادن آن‌ها، حتی با مینیاتوری کردن تراشه‌ها (در پدیدهٔ معروف به قانون مور) وجود ندارد.

آنچه مســـئله را پیچیده‌تر می‌کند، ابزارهای زیرساختی است، اکنون نمونهٔ جدید تراشهٔ ساخته شده تغییری بنیادی را نسبت به تراشه‌های فعلی به‌وجود می‌آورد. در این تراشه از چند نانوفناوری جدید همراه با طراحی جدید رایانه استفاده شده است تا هر دو روند موجود را وارون سازد.

در این تراشه به‌جای قطعه‌های مبتنی بر سیلیسیم، از نانولوله‌های کربنی استفاده شده است که ورقه‌هایی از گرافن دو بعدی خم شده به‌صورت نانو استوانه است، و یاخته‌های مقاومتی حافظهٔ خواندن/نوشتن (RRAM)، نوعی حافظهٔ بدون ناپایداری است که با تغییر مقاومت یک مادهٔ دی‌الکتریک جامد کار می‌کند. پژوهشگران یک میلیون یافتهٔ RRAM و دو میلیون ترانزیستور اثر میدان **نانولولهٔ کربنی** را با هم ترکیب و پیچیده‌ترین نانو سامانهٔ نانوالکترونیکی را به‌وجود آورده‌اند که تاکنون ساخته شده است.

RRAM و نانولوله‌های کربنی به‌صورت عمودی روی هم ساخته شده‌اند تا یک معماری رایانه‌ای سه بعدی متراکم را با لایه‌های یک در میان منطقی و حافظه به‌وجود آورند. با قرار دادن سیم‌های بسیار چگال بین این لایه‌ها، انتظار می‌رود که این طراحی سه بعدی بر مشکلات گلوگاه ارتباطی فائق آید.

اما به‌نظر نویسندهٔ اصلی مقاله، این طراحی با فناوری مبتنی بر سیلیسیم فعلی امکان‌پذیر نیست. او می‌گوید، «مدارهای کنونی دو بعدی هستند، زیرا در ساخت ترانزیستورهای سیلیسیمی فعلی دماهای زیاد بیش از ۱۰۰۰ درجه سلسیوس دخیل‌اند. اگر شما لایهٔ دوم مدارهای سیلیسیمی را روی لایهٔ اول بسازید، دمای زیاد به لایهٔ اول مدار آسیب می‌رساند.»

به نظر او، «کلید حل مشکل آن است که مدارهای متشکل از نانو لوله‌های کربنی و حافظهٔ RRAM را می‌توان در دماهای کمتر، زیر $200^{\circ}c$ ساخت. که به معنی آن است که لایه‌های بالایی به لایه‌های زیرین آسیب نمی‌رسانند. این مطلب امتیازهای فراوانی برای سامانه‌های محاسباتی آینده دارد. این ابزارها بسیار بهترند. مدارهای منطقی ساخته شده از نانولوله‌های کربنی دارای کارآیی انرژی یک مرتبهٔ بزرگی بهتر از مدارهای منطقی سیلیسیمی فعلی هســـتند، همین‌طور RRAM می‌توانند چگال‌تر، سریع‌تر و با کارآیی بهتر از حافظه‌های خواندن/نوشتن دینامیکی باشند.»

یکی از نویسندگان مقاله می‌گوید: «علاوه بر ساخت ابزارهای بهتر، یکپارچه‌سازی سه بعدی این امتیاز را دارد که اتصالات داخل و بین تراشه‌ها بهتر می‌شود. طراحی سه بعدی جدید یکپارچگی چگال و ریز بافت محاسبه و ذخیره‌سازی داده را در اختیار می‌گذارد که بر گلوگاه حرکت اطلاعات بین تراشه‌ها غلبه می‌کند. در نتیجه تراشه می‌تواند مقدار زیادی داده را ذخیره کند و پردازش و تبدیل داده‌ها به اطلاعات مفید در تراشه را انجام دهد.»

پژوهشـــگران برای نشان دادن توان بالقوهٔ این فناوری از توانایی عملکرد نانو لوله‌های کربنی به‌عنوان حسگر هم استفاده کرده‌اند. آن‌ها روی لایهٔ بالایی تراشـــه یک میلیون حسگر مبتنی بر نانو لولهٔ کربنی قرار دادند که برای آشکارسازی و طبقه‌بندی گازهای محیطی به کار می‌رفت.

به علت لایه‌لایه بـــودن **ذخیره‌سازی داده**، و محاسبه، تراشه می‌تواند هر یک از حســـگرها را به‌طور موازی اندازه‌گیری کند و ســـپس آن را مستقیم در حافظه بنویسید تا پهنای نوار عظیمی به‌وجود آید.

یکی از نویسندگان مقاله می‌گوید: «یک امتیاز بزرگ کار ما این

**پی‌نوشت‌ها**
1. Stanford
2. Nature
3. Max Shulaker
4. Philip Wong
5. Subhasish Mitra
6. Analog Devices

است که هم از نظر ساخت و هم از نظر طراحی قابل رقابت با زیرساخت سیلیسیمی کنونی است.»

حامی این طرح می‌گوید: «این واقعیت که این طرح قابل رقابت با ترانزیستورهای اکسید ـ فلز تکمیلی و قابل استفاده در کاربردهای مختلف است گامی بزرگ و مدام در جهت پیش‌برد قانون مور است. برای تداوم آنچه اقتصاد قانون مور نوید بخش آن است رهیافت‌های جدید ناهمگن مورد نیاز است چون افزایش ابعاد دیگر کفایت نمی‌کند. این کار جدید پیشگام متضمن این فلسفه است.»

این گروه در جهت بهبود نانوفناوری‌های زیرساختی و بررسی طراحی رایانه‌ای سه بعدی تلاش می‌کنند. از نظر شولیکر، گام‌بعدی در این مورد کار با شرکت نیمرسانای انالوگ دیوایسز[6] در ماساچوست برای سامانه‌های مختلف جدیدی است که از توانایی کار حس کردن و پردازش داده‌ها روی یک **تراشه** استفاده می‌کنند

بنابراین، ابزارها را می‌توان برای آشکارسازی علامت‌های بیماری و ترکیب‌های خاص موجود در تنفس بیمار به کار برد.

استاد راهنمای این طرح می‌گوید: «این فناوری نه‌تنها می‌تواند محاسبهٔ سنتی را بهبود بخشد، بلکه کاربردهای جدید گسترده‌ای نیز دارد.

شاگردان من اکنون بررسی می‌کنند که چگونه می‌توان تراشه‌هایی تولید کرد که کاری بیش از محاسبهٔ صرف انجام دهند.»

این نمایش یکپارچه‌سازی سه‌بعدی حسگرها، حافظه، و مدارهای منطقی توسعه‌ای بسیار نوآورانه نسبت به فناوری‌های موجود است که از توانایی‌های ترانزیستورهای اثر میدان نانو لوله‌های کربنی استفاده می‌کند و می‌تواند سکوی پرتابی بسیاری از کاربردهای بالقوه در آینده باشد.

**برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به:**

Max M.shulakeret al. Three climensional integration of nanotechnologies for Computig and data storage on a single chip Nature (2017) Dol: 10. 1038/ Nature 22944

# جایزه نوبل فیزیک ۲۰۱۷

▲ شکل ۱. برندگان جایزهٔ نوبل
به ترتیب از چپ به راست: راینر وایس از انستیتوی فناوری ماساچوست (متولد ۱۹۳۲، برلن، آلمان)
باری بریش از انستیتوی کالیفرنیا (متولد ۱۹۳۶، ایالات متحده)
کیپ تورن از انستیتوی فناوری کالیفرنیا (متولد ۱۹۴۰، ایالات متحده)

فرهنگستان علوم سوئد نیمی از جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۲۰۱۷ را به راینر وایس[1] و نیم دیگر آن را مشترکاً به بَری سی. بریش[2] و کیپ اس. تورن[3] برای *نقش تعیین‌کننده‌شان در آشکارساز LIGO*[4] *و مشاهدهٔ امواج گرانشی* اهدا کرد.

امواج گرانشی عالم در ۱۴ سپتامبر ۲۰۱۵ برای اولین بار مشاهده شدند. این امواج که وجودشان را آلبرت اینشتین صد سال قبل پیش‌بینی کرده بود ناشی از برخورد دو سیاهچاله بودند و ۱/۳ میلیارد سال طول کشیده بود تا این امواج به آشکارساز LIGO در ایالات متحده برسند.

سیگنال مربوط به این امواج که هنگام رسیدن به زمین بی‌نهایت ضعیف بود انقلابی را در اخترفیزیک به وجود آورد. امواج گرانشی وسیله‌ای کاملاً نوین برای رصد شدیدترین رویدادهایی هستند که در فضا به وقوع می‌پیوندند و آزمونی برای تعیین حدود و ثغور دانش ما هستند.

LIGO یا **رصدخانهٔ تداخل‌سنج لیزری امواج گرانشی** طرح مشترکی است که بیش از هزار پژوهشگر در متجاوز از بیست کشور جهان در آن فعالیت دارند. برندگان جایزهٔ امسال با عزم و ارادهٔ شدید خود نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت این طرح داشتند.

امواج گرانشی «موجک‌هایی» در بافت فضا زمان هستند که بر اثر فرایندهای بسیار شدید و پرانرژی در عالم به وجود