مرزهای فیزیک

تازه‌ترین اخبار پژوهشی

دکتر منیژه رهبر

جایزهٔ نوبل فیزیک ۲۰۱۶

دونات چه شـــباهتی به فنجان دارد؟ پاسخ این پرسش به سه دانشمند متولد بریتانیا کمک کرد تا جایزهٔ نوبل فیزیک امســـال را دریافت کننـــد. کار آن‌ها به ســـاخت رایانه‌های توانمندتر و مواد بهتر برای صنعت الکترونیک کمک می‌کند.

دیوید تولس[1]، دانکن هالدین[2]، و مایکل کوسترلیتس[3] که اکنون وابسته به دانشگاه‌های ایالات متحده امریکا هستند برای کاری موردتقدیر قرار گرفتند که در سال‌های ۱۹۷۰ و ۸۰ انجام داده بودند و باعث روشن شدن وضعیت حالت‌های عجیب ماده شده است.

فرهنگستان علوم ســـوئد اعلام کرد: «اکتشافات این افراد تحولی در شـــناخت نظری اسرار ماده محسوب می‌شود که چشم‌اندازهای جدیدی را در توسعه مواد بدیع به‌وجود آورده است.»

تولس ۸۲ ساله اســـتاد ممتاز دانشگاه واشنگتن، هالدین ۶۵ ساله استاد فیزیک دانشـــگاه پرینستون در نیوجرسی، و کوســـترلیتس ۷۳ ساله اســـتاد فیزیک دانشگاه براون در پرویدنس، رودایلند است که اکنون به‌عنوان استاد مدعو در دانشگاه آکتو در فنلاند به‌سر می‌برد.

نیمی از جایزهٔ هشت میلیون کرونی ($۹۳۰۰۰۰) به تولس داده شد و نیم دیگر بین هالدین و کوسترلیتس تقسیم شد.

این افراد حالت‌های عجیب ماده مانند اَبَر رســـانایی، یعنی قابلیت هدایت الکتریسیته بدون مقاومت، را بررسی کرده‌اند. کار آن‌هـــا نیازمند اســـتفاده از یک حـــوزهٔ انتزاعی ریاضی موسوم به توپولوژی بود که روشی خاص برای توصیف برخی ویژگی‌های ماده است. در این حوزه، یک دونات و یک فنجان اصولاً هم‌ارزند زیرا هر دو درست یک سوراخ دارند. توپولوژی ویژگی‌هایی را بیـــان می‌کند که فقط می‌توانند در گام‌های کامل تغییر کنند، نمی‌توانید نصف سوراخ داشته باشید.

آن‌هـــا با اســـتفاده از توپولوژی توانســـتند متخصصان را شـــگفت‌زده کنند. به‌عنوان مثـــال، در ســـال‌های ۱۹۷۰ کوسترلیتس و تولس نشـــان دادند که لایه‌های بسیار نازک ماده- که اساساً به‌جای سه بعد دارای دو بعد بودند- می‌توانند دارای تغییرات بنیادی معروف به تغییر فاز باشند. یک مثال در این مورد هنگام خنک کردن ماده به اندازهٔ کافی سرد رخ می‌دهد که دراین‌صورت شروع به اَبَر رسانا شدن می‌کند.

دانشـــمندان گمان می‌کردند که تغییرات فـــاز در دو بعد امکان‌پذیر نیســـت، اما این دو نشـــان دادند که این تغییرات به‌وقوع می‌پیوندند و منشأ آن‌ها توپولوژی است.

به‌گفتهٔ سانکار داس سارما[4]، فیزیک‌دان دانشگاه مریلند، «این روشی کاملاً جدید در برخورد با حالت‌های ماده بود. اکنون به هرکجا که نگاه کنیم درمی‌یابیم که توپولوژی در جهان فیزیکی مؤثر اســـت.» هالدین برای مطالعات نظری دربارهٔ زنجیره‌های اتم‌های مغناطیسی موجود در برخی مواد معروف است.

جایزهٔ نوبل امسال بیشتر به اکتشافات نظری مربوط می‌شود گرچه شاید این کشفیات کاربردهای عملی هم داشته باشند. ایـــن نظریه‌پردازان با اســـتفاده از ایده‌هـــای توپولوژیکی به توصیف مواد پرداخته‌اند که بسیار سودمند از کار درآمده‌اند و به پژوهش‌های زیادی دربارهٔ ویژگی‌های مواد انجامیده است.

هالدین گفت، «کاربردهای عملی این پژوهش برندهٔ جایزه تازه شروع شده است. امید می‌رود که برخی از این مواد جدید بتوانند در رایانه‌های کوانتومـــی و دیگر فناوری‌های نو مورد استفاده قرار گیرند».

رایانه‌های کوانتومـــی می‌توانند ابزارهایی بســـیار توانمند باشند، اما کوسترلیتس گفت به چشم‌انداز توسعهٔ سریع آن‌ها چندان امیدوار نیست.

وی گفت: «سال‌هاست که منتظر رایانهٔ کوانتومی رومیزی هستم، اما هنوز نشانه‌ای از آن ظاهر نشده است. به قیمت یک اشـــتباه بزرگ می‌گویم این ابزار محاسبهٔ کوانتومی فاصله‌ای زیاد با عملی شدن دارد.»

برندگان جایزهٔ نوبل امسال پنجره‌ای را به جهانی ناشناخته گشـــودند که در آن ماده می‌تواند حالت‌های عجیبی داشته باشـــد. در این کار آن‌ها از روش‌های ریاضی پیشـــرفته برای مطالعه‌های این فازها یا حالت‌های غیرعادی مانند اَبَررساناها، اَبَرشـــاره‌ها یا لایه‌های نازک مغناطیسی استفاده کردند. کار پیشگامانهٔ آن‌ها باعث پژوهش و جست‌وجو دربارهٔ حالت‌های جدید ماده شـــده است. بســـیاری از افراد امیدوارند این‌گونه فعالیت‌ها در آینده کاربردهای فراوان در علم مواد و الکترونیک داشته باشد.

مایکل کوسترلیتس و دیوید تولس در اوایل سال‌های ۱۹۷۰ نظریهٔ رایج آن زمان را که اَبَررسانایی و اَبَرشارگی در لایه‌های نـــازک رخ نمی‌دهد واژگـــون کردند. آن‌ها نشـــان دادند که اَبَررســـانایی در دماهای کم رخ می‌دهد و سازوکار آن و تغییر

حالت‌هایی را که باعث از بین رفتن اَبَررســـانایی در دماهای بالاتر می‌شود هم توضیح دادند.

تولس در سال‌های ۱۹۸۰ توانست یک آزمایش با لایه‌های بسیار نازک رســـانای الکتریســـیته را توجیه کند که در آن رســـانندگی دقیقاً اندازه‌گیری شده در گام‌های درست تغییر می‌کرد. او نشان داد که این اعداد درست سرشت توپولوژیکی دارنـــد. در همان زمان، دانکن هالدین کشـــف کرد چگونه از مفاهیم توپولوژی می‌توان برای شناخت ویژگی‌های زنجیره‌ای از آهنرباهای کوچک موجود در بعضی مواد استفاده کرد.

اکنون حالت‌های توپولوژیکی بسیاری را، نه فقط در لایه‌ها و رشته‌ها، بلکه در مواد سه‌بعدی عادی می‌شناسیم. در دهۀ گذشته، پژوهش‌های پیشگامانه بسیاری در فیزیک مادۀ چگال به‌ویژه با این امید صورت گرفته است که مواد توپولوژیکی در نسل جدید دستگاه‌های الکترونیکی و اَبَررساناها، یا رایانه‌های کوانتومی آینده مورد استفاده قرار گیرند. پژوهش‌های جاری اسرار ماده در دنیاهای عجیبی را آشکار می‌سازند که برندگان جایزه نوبل امسال کشف کرده‌اند.

پروفســـور تورس هانس هانســـون پس از اعلام برندگان جایزۀ نوبل فیزیک امســـال نمایشی را در فرهنگستان علوم سوئد انجام می‌دهد. داوران جایزۀ نوبل برندگان را به‌خاطر «اکتشافات دربارۀ تغییر حالت‌های توپولوژیکی و حالت‌های توپولوژیکی ماده» برگزیده‌اند.

برندگان جایزۀ نوبل فیزیک سال ۲۰۱۶

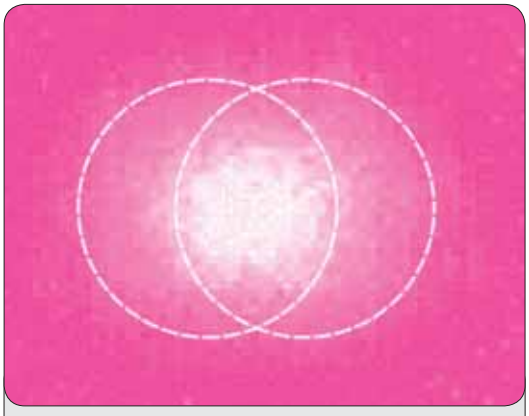
پی‌نوشت‌ها

1.David Thouless
2. Duncan Haldane
3. Michael kosterlitz
4.Sankar Das sarma

منبع

http:// phys.org/news/2016-10-nobel-physics- prize-awarded- topology-html

فیزیک‌دانان بلای ریلی را دفع می‌کنند



توان تفکیک اپتیکی قابلیت یک دســـتگاه تصویربرداری برای تشخیص دو جسم نزدیک به هم اســـت. در تصویر دو نقطه را می‌بینیم که در آزمایش توسط حد ریلی از هم جدا شده‌اند.

توان تفکیک یک دستگاه اپتیکی (مانند تلسکوپ یا دوربین) را آنچه به معیار ریلی[1] معروف است محدود می‌سازد. یک گروه بین‌المللی به رهبری دانشـــگاه کامپلوتنس[2] مادرید، با نشان دادن اینکه این یک بلای بنیادی نیست، این حد را پشت‌سر گذاشـــته‌اند. این موضوع باعث پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در توان تفکیک خواهد شـــد و می‌تواند سبب نیاز به بازنگری در کتاب‌های درسی اپتیک شود.

یک دســـتگاه اپتیکـــی ایده‌آل باید یک نقطـــه را به‌صورت نقطه تفکیک کند. اما، به‌علت سرشت موجی نور، در لبه‌های محدودکنندۀ یک روزنۀ دستگاه پراش رخ می‌دهد. نتیجه آن می‌شـــود که تصویر یک نقطه به‌صورت لکـــه در می‌آید. این موضوع توان تفکیک بسیاری از دستگاه‌های تصویربرداری، از جمله میکروسکوپ، تلسکوپ، و دوربین را محدود می‌سازد. فرمول‌بندی این پدیده به‌صورت ریشه‌دار حد ریلی است.

بـــلای ریلی فاصلۀ کمینـــه‌ای را که می‌توان بـــا نور مرئی تشـــخیص داد به حدود ۰/۱ میکرومتر (به‌عنوان مثال، اندازۀ باکتری ۲ میکرومتر اســـت) محدود می‌ســـازد که محدودیت شـــدیدی در توانایی ما برای مشاهدۀ جزئیات ریزتر است. از

این‌رو دانشمندان اسپانیایی با همکاری دانشمندان جمهوری چک موفق به شکستن این حد و رسیدن به توان‌های تفکیک ۱۷ بار کمتر از مقادیر پیش‌بینی شدهٔ لردریلی شده‌اند. بنابراین باید کتاب‌های اپتیک مورد بازنگری قرار گیرد و حدریلی در محدودهٔ گسترده‌تری قرار گیرد.

این پژوهش که در مجله **اپتیکا**[۳] چاپ شده است نقطهٔ اوج مسابقه‌ای هیجان‌انگیز بین چهار گروه از دانشمندان سراسر جهان است. هر گروه می‌خواست نقض این حد را به اثبات برساند، اما گروه اسپانیایی اولین گروهی بود که موفق به این کار شد.

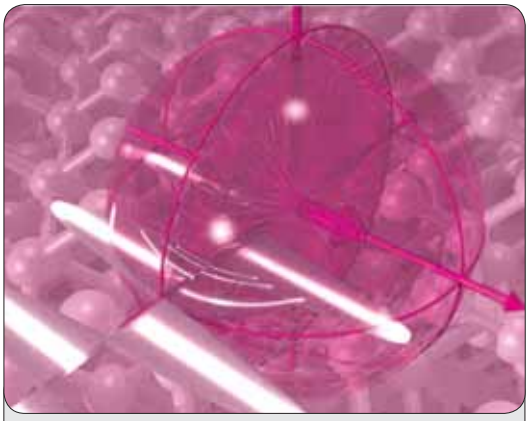
آزمایش نشان داد که بلای ریلی ذاتی نیست، بلکه پیامد انتخاب نکردن راهبرد مناسب برای آشکارسازی است. فیزیک‌دان مسئول طرح گفت: «تاکنون، همه تلسکوپ‌ها یا میکروسکوپ‌های ما شدت را مستقیماً مشاهده می‌کردند. ما طرحی را پیشنهاد کردیم که اطلاعات قابل حصول را بهینه می‌سازد و می‌تواند از حد ریلی تجاوز کند.»

پی‌نوشت‌ها
1.Rayleigh critrion
2. complutense linversity
3. optica

منبع
universidad complutense de madrid

برای اطلاعات بیشتر مراجعه کنید به:
Martin paur et al, Achieving the ultimate optical resolution, **optica (2016). Dol: 10.1364/OPTICA. 3.001144**

رایانه‌های کوانتومی: خیزش ۱۰ برابری پایداری



▲ برداشت هنرمندانه از اسپین الکترون تک‌اتم که در بلور سیلیسیم قرار دارد و ملبس به یک میدان الکترومغناطیسی نوسان‌کننده است

مهندسان استرالیایی یک بیت کوانتومی جدید به‌وجود آورده‌اند که به‌مدت ۱۰ برابر بیشتر از آنچه قبلاً به‌دست آمده بود در حالت برهم‌نهش پایدار باقی می‌ماند و زمانی را که می‌توان در طول آن با یک رایانهٔ کوانتومی سیلیسیمی محاسبه انجام داد به‌صورت بارزی زیاد می‌کند.

این بیت کوانتومی جدید، که از اسپین یک اتم در سیلیسیم تشکیل و با یک میدان الکترومغناطیسی مشهور به «کوبیت ملبس» ادغام شده است، اطلاعات را بسیار طولانی‌تر از یک اتم «برهنه» نگه می‌دارد و راه‌های تازه‌ای را برای ساخت و به‌کار انداختن رایانه‌های کوانتومی توانمند در آینده باز می‌کند.

نتیجهٔ کار این گروه دانشگاه استرالیا در نیوساوت ویلز[۱] (UNSW) در مجلهٔ بین‌المللی **نیچر نانو تکنولوژی**[۲] چاپ شده است.

آرنه لوچت[۳] نویسندهٔ اصلی مقاله اظهار داشت «این بیت کوانتومی بسیار چندکاره‌تر و دارای عمر طولانی‌تر از الکترون تنهاست و این امکان را فراهم می‌سازد که رایانه‌های کوانتومی قابل اعتمادتری بسازیم.»

ساخت یک رایانهٔ کوانتومی «مسابقهٔ فضایی قرن بیست‌ویکم نامیده شده است» چالشی دشوار و بلندپروازانه که توان بالقوهٔ تأمین ابزارهای انقلابی برای پرداختن به محاسباتی مانند طراحی داروهای پیچیده و مواد پیشرفته، یا جست‌وجوی سریع و سنگین در پایگاه‌های داده دسته‌بندی نشده را دارد که درغیر این‌صورت ناممکن‌اند.

سرعت و توان آن ناشی از این حقیقت است که دستگاه‌های کوانتومی می‌توانند میزبان چند «برهم نهش» حالت‌های اولیهٔ متفاوت باشند، که در یک رایانه به‌عنوان ورودی درنظر گرفته می‌شوند و به نوبهٔ خود همگی همزمان پردازش می‌شوند.

رهبر این گروه پژوهشی گفت، «بزرگ‌ترین معضل استفاده از اجسام کوانتومی برای محاسبه، حفظ کردن حالت برهم‌نهش‌های ظریف آن‌ها برای مدت به اندازهٔ کافی طولانی است تا امکان انجام محاسبات مفید را فراهم سازد. یک دهه پژوهش ما در این نشان داده است که با به رمز در آوردن اطلاعات کوانتومی در اسپین یک اتم فسفر واقع در درون یک تراشهٔ سیلیسیمی که در یک میدان مغناطیسی قرار دارد بیت کوانتومی دارای طولانی‌ترین عمر در حالت جامد به‌دست می‌آید.»

آنچه این گروه را به پیش می‌برد آن است که آن‌ها روش جدیدی را برای به رمز درآوردن اطلاعات یافته‌اند: به‌گفتهٔ لوچت «ما اتم را در معرض یک میدان الکترومغناطیسی نوسان‌کننده قرار داده‌ایم که مدام در بسامدهای ریزموج نوسان می‌کند و در نتیجه ما بیت کوانتومی را به‌صورت سمتگیری اسپین نسبت به میدان ریزموج تعریف کرده‌ایم».

نتیجهٔ شگفت‌انگیز است: چون میدان الکترومغناطیسی مدام با بسامد بسیار زیاد نوسان می‌کند، هیچ‌گونه نوفه یا اغتشاش در بسامد متفاوت تأثیری نخواهد داشت. پژوهشگران به پیشرفت ۱۰ برابری در گسترهٔ زمانی دست یافته‌اند که در آن می‌توان برهم‌نهش کوانتومی را حفظ کرد. به‌ویژه، آن‌ها زمان وافازی $T2 = 2/4$ میلی‌ثانیه را اندازه‌گیری کرده‌اند که ۱۰ بار بهتر از مقدار مربوط به کوبیت استاندارد است و این امکان را فراهم می‌سازد تا در بازهٔ زمانی که در آن اطلاعات کوانتومی ظریف با اطمینان حفظ شده‌اند عملیاتی بسیار بیشتر را انجام داد.

رهبر گروه می‌گوید: این «کوبیت ملبس»، را می‌توان به راه‌های گوناگونی کنترل کرد که با یک «کوبیت برهنه» عملی نیست. به‌عنوان مثال، می‌توان آن را با صرفاً مدوله کردن بسامد میدان ریزموج، درست مثل یک رادیوی FM کنترل کرد. درصورتی‌که در «کوبیت برهنه»، باید دامنهٔ میدان‌های کنترل‌کننده را مانند رادیوی AM قطع و وصل کرد. از یک نظر ایمنی بیشتر کوبیت ملبس به نوفه ناشی از آن است که اطلاعات کوانتومی را بسامد کنترل می‌کند که بسیار مستحکم است درحالی‌که نوفه خارجی می‌تواند به‌راحتی در دامنه تأثیر بگذارد.»

چون این وسیله بر مبنای فناوری سیلیسیم ساخته شده است، این نتیجه راه را برای ساخت پردازنده‌های توانمند و قابل اطمینان کوانتومی بر مبنای همان فرایند ساختی فراهم می‌کند که در رایانه‌های کنونی به‌کار می‌رود.

یک رایانهٔ کوانتومی کارآمد سرعت و کارآیی برخی کارهای محاسباتی را- حتی در مقایسه با سریع‌ترین رایانه‌های کلاسیک فعلی- بسیار زیاد افزایش می‌دهد. در برخی حوزه‌های کلیدی- مانند جست‌وجو در پایگاه‌های دادهٔ بزرگ، حل مجموعه معادله‌های پیچیده و مدل‌سازی دستگاه‌های اتمی مانند مولکول‌های زیست‌شناختی و داروها- این رایانه‌ها بسیار فراتر از رایانه‌های کنونی عمل می‌کنند. همچنین این رایانه‌ها در کارهای مربوط به دارایی و صنایع مربوط به سلامت، برای دولت، سازمان‌های امنیتی و دفاعی بسیار سودمندند. رایانه‌های کوانتومی می‌توانند با شتاب بخشیدن به طراحی رایانه‌ای ترکیبات دارویی (و کمینه کردن آزمایش‌های به روش آزمون و خطا) به شناسایی و توسعهٔ داروهای جدید کمک کنند و مواد محکم‌تر و سبک‌تری را در حوزه‌های مختلف از الکترونیک مصرفی تا صنایع هواپیماسازی به‌وجود آورند. همچنین کاربردهای محاسباتی و راه‌حل‌هایی را به‌وجود خواهند آورد که فراتر از توانایی پیش‌بینی ماست.

▲ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی یک ابزار شبیه وسیلهٔ مورد استفاده. محل دریچه‌های تنظیم کننده، آنتن ریزموج، و ترانزیستور تک الکترونی مورد استفاده برای قرائت اسپین مشخص شده‌اند.

پی‌نوشت‌ها

1.Australia university of New South wales

2. Nature Nanotechnology

3. Arne Laucht

منبع

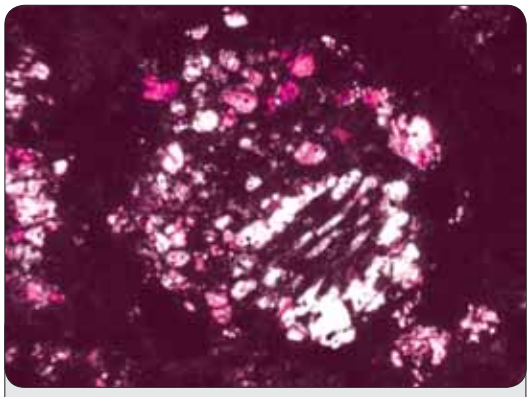
University of New South wales

برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به:

Arne Laucht et al. A dressed spin qwbit in silicn, *Nature Nanotechnology* (2016). Dol: 10. 1038/ nnano. 2016.178

یک رایانهٔ کوانتومی کارآمد سرعت و کارآیی برخی کارهای محاسباتی را- حتی در مقایسه با سریع‌ترین رایانه‌های کلاسیک فعلی- بسیار زیاد افزایش می‌دهد

زمین از موادی غیر از شهاب‌سنگ‌های اولیه تشکیل شده است



▲ ترکیب مستقلی از کندرول‌ها مستقل از اولیوین خط‌دار و سنگ سماق در شهاب‌سنگ CK٤ NWA٢٣٧٢

دانشمندان آزمایشگاه ملی لاورنس لیورمور[1] (LLNL) دریافته‌اند که برخلاف باور رایج، زمین از موادی تشکیل نشده است که در شهاب‌سنگ‌های اولیه (موسوم به کوندریت‌ها) یافت می‌شود.

این کشف برمبنای تعیین فراوانی چند ایزوتوپ نئودیمیم (Nd) است که مقادیر آن‌ها در زمین و **شهاب‌سنگ‌های کوندریتی** یکسان نیست.

طبق یک نظریهٔ قدیمی ترکیب شیمیایی و ایزوتوپی بیشتر عناصر در گوشتهٔ جامد زمین با شهاب‌سنگ‌های کوندریتی یکسان است.

با این همه، ۱۰ سال قبل معلوم شد که فراوانی ایزوتوپ ^{142}Nd در صخره‌های سطح زمین از شهاب‌سنگ‌های آغازین بیشتر است که به این فرض می‌انجامد که یا زمین دارای یک مخزن Nd پنهان در گوشتهٔ خود است یا مادر ایزوتوپ ساماریم ١٤٦ (sm) بیشتری را به ارث برده است که به ^{142}Nd واپاشیده می‌شود.

با استفاده از اندازه‌گیری‌های ایزوتوپی دقیق‌تر معلوم شده است که اختلاف ^{142}Nd بین زمین و کوندریت‌ها (شهاب‌سنگ‌های غیرفلزی) فرایندهای هسته‌زایی را نشان می‌دهد و ربطی به مخزن پنهان در زمین یا ^{146}Sm اضافی ندارد.

این پژوهش پیامدهای عظیمی در شناخت نه‌تنها ترکیب، آنتالپی و ساختار زمین دارد، بلکه روال و مقیاس زمانی تحول ژئودینامیکی آن را نیز محدود می‌کند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که زمین از موادی تشکیل شده است که مقدار Nd آن اندکی بیش از فرایند حاصل از جذب آهسته نوترون در طی تشکیل شاخهٔ نامتقارن ستارگان غول‌آسا[2] (AGB) است.

هدف نهایی این گروه پژوهشی تعیین آن است که آیا اندازهٔ Nd پرتوزاد (تولید شده توسط واپاشی پرتوزا) با مقدار Nd تولید شده در محیط‌های هسته‌زایی مانند اَبَر نواختر و ستارگان AGB ارتباطی دارد. آن‌ها از نمونه‌های با اندازهٔ بزرگ (حدود ۲ گرم) برای به‌دست آوردن دقیق‌تر مقادیر ایزوتوپ‌های Nd و Sm برای مجموعهٔ جامعی از شهاب‌سنگ‌ها از جمله ۱۸ شهاب‌سنگ کوندریتی، شهاب‌سنگ غیر کوندریتی NWA ٥٣٦٣ و شهاب‌سنگ آلندهٔ غنی از کلسیم- آلومینیم (بزرگ‌ترین شهاب‌سنگ کوندریتی کربنی که در روی زمین یافت شده است) به‌دست آورده‌اند.

شاید این پژوهش امکانات جدیدی را برای ارزیابی فرایندهایی مؤثر در تشکیل مواد جامد موجود و همچنین شناسایی رابطهٔ ژنتیکی بین اجسام سیاره‌ای را در اختیار بگذارد. پژوهش این پرسش بنیادی ژئوشیمی را مطرح می‌کند که آیا ترکیب شهاب‌سنگ‌های آغازین نشان‌دهندهٔ دقیق ترکیب زمین است.

نئودیمیم یک عنصر مغناطیسی قوی مورد استفاده در موتورهای الکتریکی است. آهنرباهای مربوط به موتور الکتریکی اتومبیل تویوتا پریوس حاوی یک کیلوگرم از این ماده است. گرچه نئودیمیم به‌عنوان عنصر خاکی نادر طبقه‌بندی شده است، اما عنصری معمولی است که کمیاب‌تر از کبالت ، نیکل و مس نیست و به‌صورت گسترده در سراسر زمین توزیع شده است.

پی‌نوشت‌ها
1. Lawrence Livermore Laboratory
2. Asymmetric giant branch

منبع
Lawrence Livermore Laboratory

برای اطلاعات بیشتر مراجعه کنید به:
C.Burkhardt et al . A nucleosynthetic origin for Earth anomalous ^{142}Nd Composition Nature (2016). **Dol: 10.1036/nature 16956**