



دانشمندان پرده از راز بارورسازی ابرها با یدید نقره برداشتند

بلورهای یدید نقره مدت‌هاست برای «بارورسازی» ابرها و تحریک بارش استفاده می‌شوند، اما دانشمندان هرگز کاملاً مطمئن نبودند که چرا این ماده برای این منظور تا این حد مؤثر است.

بلورهای یدید نقره مدت‌هاست برای «بارورسازی» ابرها و تحریک بارش استفاده می‌شوند، اما دانشمندان هرگز کاملاً مطمئن نبودند که چرا این ماده برای این منظور تا این حد مؤثر است. پژوهشگران دانشگاه فنی وین در اتریش اکنون یک گام به حل این معما نزدیک‌تر شده‌اند. به لطف مطالعه‌ای جدید که سطوح این ماده را با جزئیات دقیق‌تر مقایسه می‌کند، به وضوح می‌دهد: یدید نقره برای چندین دهه در برنامه‌های تغییر آب و هوای جو در سراسر جهان استفاده شده است، در واقع، این ماده از دهه ۱۹۴۰ برای این منظور به خاطر ساختار بلوری اتمی‌اش که تقریباً مشابه یخ است، انتخاب شد. یدید نقره دارای تقارن شش ضلعی و فاصله‌های بسیار مشابه بین اتم‌ها در ساختار شبکه‌ای خود است.

به نقل از فیزیک ورد، ایده پایه‌ای، به گفته بالاجکا، از دانشمند آمریکایی هواشناسی قرن بیستم، برنارد وونه گات، سرچشمه گرفته است که در سال ۱۹۴۷ پیشنهاد کرد وارد کردن بلورهای کوچک یدید نقره (AgI) به یک ابر می‌تواند هسته‌هایی برای رشد یخ فراهم کند. اما در حالی که پیشنهاد وونه گات مؤثر بود، این تصویر ساده کاملاً دقیق نیست. مشکل این است که هسته‌زایی در سطح بلور رخ می‌دهد، نه داخل آن و ساختار اتمی سطح یدید نقره به طور قابل توجهی با داخل بلور متفاوت است. برای بررسی بیشتر، بالاجکا و همکارانش از میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) با وضوح بالا و شبیه‌سازی‌های پیشرفته رایانه‌ای استفاده کردند تا ساختار اتمی بلورهای یدید نقره با قطر دو تا سه نانومتر را هنگام شکسته شدن به دو قطعه، مطالعه کنند. اندازه‌گیری‌های گروه آنها نشان داد که سطوح هر دو ساختار تازه شکافته شده با آنچه در داخل بلور یافت می‌شود، متفاوت است.

به طور خاص، یوهانا هیتنر که آزمایش‌ها را انجام داد، توضیح می‌دهد که هنگام شکافته شدن یک بلور یدید نقره، اتم‌های نقره در یک طرف و اتم‌های ید در طرف دیگر قرار می‌گیرند. این امر برای رشد یخ اهمیت دارد، زیرا در حالی که سمت نقره یک آرایش شش ضلعی را حفظ می‌کند که قالب ایده‌آلی برای رشد لایه‌های یخ فراهم می‌کند، سمت ید به شکل مستطیلی بازسازی می‌شود که دیگر با تقارن شش ضلعی بلورهای یخ همخوانی ندارد. بنابراین سمت ید با رشد یخ شش ضلعی ناسازگار است. بالاجکا می‌گوید: مطالعه ما این بحث چند دهه‌ای درباره ساختار سطح در مقابل ساختار داخلی یدید نقره را حل می‌کند و نشان می‌دهد که سازگاری ساختاری واقعاً اهمیت دارد.

به گفته بالاجکا، آزمایش‌های این گروه بسیار دشوار بودند. بسیاری از روش‌های آزمایشی برای مطالعه ساختار و خواص سطوح مواد بر اساس تعامل با ذرات باردار مانند الکترون یا یون هستند، اما یدید نقره یک عایق الکتریکی است که اکثر ابزارهای موجود روی آن کار نمی‌کند. استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی به آن‌ها این مشکل را حل کرد، زیرا این روش نیروهای بین اتمی بین یک نوک تیز و سطح را تشخیص می‌دهد و به نمونه‌های نیاز ندارد.

یک مشکل دیگر این است که یدید نقره حساس به نور است و هنگام قرار گرفتن در معرض نور مرئی تجزیه می‌شود. در حالی که این خاصیت در زمینه‌های دیگر مفید است، یدید نقره یک ماده رایج در صفحات عکاسی اولیه بود و برای گروه دانشگاه فنی وین مشکلاتی ایجاد کرد. تنظیمات میکروسکوپ نیروی اتمی معمول از تشخیص لیزری نوری برای نقشه برداری از توپولوژی نمونه استفاده می‌کنند.

برای جلوگیری از تخریب نمونه در حین مطالعه، پژوهشگران مجبور شدند از میکروسکوپ نیروی اتمی غیرتماسی مبتنی بر حسگر پیزوالکتریک استفاده کنند که سیگنال‌های الکتریکی را تشخیص می‌دهد و به خوانش نوری نیاز ندارد. آن‌ها همچنین تنظیمات خود را برای کار در محیطی نزدیک به تاریک تطبیق دادند و فقط از نور قرمز هنگام دست‌کاری یدید نقره استفاده کردند تا نور اضافی نمونه را تخریب نکند.

مدل سازی محاسباتی

بخش مدل سازی محاسباتی کار، یک مانع دیگر ایجاد کرد. هم نقره و هم ید اتم‌هایی با تعداد زیادی الکترون در پوسته خود هستند و بنابراین بسیار قطبش پذیرند. تعامل بین چنین اتم‌هایی نمی‌تواند به طور دقیق توسط روش‌های استاندارد مدل سازی محاسباتی مانند نظریه تابعی چگالی (DFT) توصیف شود، بنابراین ما مجبور شدیم از محاسبات بسیار دقیق تقریب فاز تصادفی (RPA) برای دستیابی به نتایج قابل اعتماد استفاده کنیم.

شرایط کاملاً کنترل شده

پژوهشگران ادعان دارند که مطالعه آن‌ها، تحت شرایط بسیار کنترل شده یعنی خلأ بسیار بالا، فشار و دمای پایین و محیط تاریک انجام شده است که بسیار متفاوت از شرایط واقعی داخل ابرهاست. گام منطقی بعدی برای ما این است که بررسی کنیم آیا یافته‌هایمان تحت شرایط واقعی‌تر هم صادق هستند یا خیر. می‌خواهیم بدانیم آیا ساختار سطوح یدید نقره در هوا و آب یکسان است و اگر نیست، علت چیست.

پژوهشگران همچنین می‌خواهند آرایش اتمی بازسازی مستطیلی سطح ید را بهتر درک کنند. این تصویر را برای استفاده از یدید نقره در هسته‌زایی یخ و همچنین درک کلی ما از آن به عنوان یک ماده، کامل می‌کند.