



دستاوردی که می‌تواند معادلات ذخیره‌سازی و حمل انرژی خورشیدی را دگرگون کند

دانشمندان موفق شده‌اند نور خورشید را در قالب الکترون ذخیره و ساعت‌ها بعد، بدون نیاز به برق یا نور، آن را به هیدروژن پاک تبدیل کنند؛

دانشمندان موفق شده‌اند نور خورشید را در قالب الکترون ذخیره و ساعت‌ها بعد، بدون نیاز به برق یا نور، آن را به هیدروژن پاک تبدیل کنند؛ دستاوردی که می‌تواند معادلات ذخیره‌سازی و حمل انرژی خورشیدی را دگرگون کرده و رکورد تازه‌ای در

«فوتوکاتالیست» به ثبت رساند. تصور کنید در میانه شب قطبی، کامیونی به کارخانه‌ای در شمال نروژ می‌رسد. نه مخزن گاز فشرده‌ای همراه دارد و نه تانک‌های عظیم و پرهزینه برودتی. تنها چند مخزن مایع حمل می‌کند. تکنسین کارخانه مقدار اندکی پودر کاتالیست به این مایع می‌افزاید و بلافاصله حباب‌های گاز هیدروژن پدیدار می‌شوند؛ سوختی آماده برای تغذیه پیل‌های سوختی یا فرایندهای صنعتی. انرژی لازم برای این واکنش، نه در همان لحظه، بلکه ساعت‌ها پیش و در منطقه‌ای آفتابی ذخیره شده است؛ جایی که خورشید فراوان است، اما مصرف انرژی اندک.

این سناریو هنوز به طور کامل محقق نشده، زیرا تاکنون کسی نشان نداده است که چنین سامانه‌ای بتواند انرژی ذخیره شده را برای هفته‌ها و در مسیرهای طولانی حمل و نقل حفظ کند. با این حال، پژوهش تازه‌ای نشان می‌دهد که شیمی لازم برای تحقق چنین آینده‌ای، بیش از هر زمان دیگری در دسترس قرار گرفته است.

هیدروژن به عنوان سوختی پاک، هنگام سوختن تنها آب تولید می‌کند و به همین دلیل یکی از گزینه‌های کلیدی برای کربن زدایی از صنایع سنگین، حمل و نقل سنگین و فولادسازی به شمار می‌رود. اما دو مانع بزرگ، توسعه گسترده آن را کند کرده است. نخست آنکه تولید هیدروژن از نور خورشید به تابش پیوسته نیاز دارد و ابرها و شب، این فرایند را متوقف می‌کنند. دوم اینکه ذخیره‌سازی و انتقال هیدروژن گازی یا مستلزم فشرده‌سازی تا ۷۰۰ برابر فشار جو است یا نیاز به سرمایش تا منفی ۲۵۳

درجه سانتی‌گراد دارد؛ هر دو گزینه، پرهزینه و همراه با مخاطرات ایمنی هستند. طبیعت میلیون‌ها سال پیش راه حلی هوشمندانه برای این چالش یافته است. در فرایند فتوسنتز، گیاهان انرژی خورشید را جذب و آن را در واسطه‌های شیمیایی ذخیره می‌کنند. این انرژی ذخیره شده، بعداً و بدون نیاز به نور، صرف ساخت قندها می‌شود. دانشمندان سال‌ها است به دنبال نسخه مصنوعی این فرایند دومرحله‌ای هستند، اما بیشتر نمونه‌های آزمایشگاهی

«فوتوکاتالیز در تاریکی» به ساختارهای مولکولی پیچیده، کاتالیست‌های گران قیمت یا ورودی برق خارجی وابسته بوده‌اند. در این میان، ترکیباتی به نام پلی اکسومتالات‌ها توجه پژوهشگران را جلب کرده‌اند. این خوشه‌های مولکولی متشکل از فلز و اکسیژن، که اغلب از تنگستن یا مولیبدن ساخته می‌شوند، می‌توانند چندین الکترون را به طور برگشت پذیر ذخیره و آزاد کنند؛ رفتاری شبیه به یک باتری مولکولی. با وجود این، تمامی سامانه‌های پیشین که از پلی اکسومتالات‌های تجاری استفاده می‌کردند، برای تولید هیدروژن در تاریکی همچنان به جریان الکتریکی خارجی نیاز داشتند.

اکنون پژوهشی که در نشریه معتبر Advanced Materials با عنوان «ذخیره انرژی خورشیدی در پلی اکسومتالات برای حمل و تولید هیدروژن در زمان دلخواه» منتشر شده، این محدودیت را کنار زده است. پژوهشگران که عمدتاً در دانشگاه لانژو چین فعالیت می‌کنند، سامانه‌ای معرفی کرده‌اند که می‌تواند انرژی خورشید را به صورت الکترون ذخیره کرده و در تاریکی مطلق، بدون هیچ منبع برق خارجی، هیدروژن تولید کند. این سامانه با استفاده از مواد کاملاً تجاری، بالاترین نرخ تولید هیدروژن در میان تمام

سامانه‌های فوتوکاتالیز تاریک گزارش شده تاکنون را به ثبت رسانده است. در قلب این فناوری، ترکیب دو ماده ساده اما هوشمندانه قرار دارد: نیتريد کربن گرافیتی و آمونیوم متانتگستات. نیتريد کربن گرافیتی نقش فوتوکاتالیست نیمه رسانا را ایفا می‌کند و پلی اکسومتالات تنگستنی، مخزن ذخیره الکترون‌ها است. آزمایش‌ها در محلول آبی حاوی ۱۰ درصد حجمی متانول انجام شده‌اند؛ ماده‌ای که به عنوان گیرنده حفره عمل می‌کند و مانع بازترکیب الکترون‌ها و حفره‌ها می‌شود. به بیان دیگر، این سامانه آب خالص را تجزیه نمی‌کند و برای عملکرد به یک قربانی شیمیایی نیاز دارد.

با تابش نور به نیتريد کربن گرافیتی، جفت‌های الکترون و حفره تولید می‌شود. الکترون‌ها به خوشه‌های پلی اکسومتالات منتقل و حتی پس از خاموش شدن نور نیز در آن‌ها ذخیره می‌شوند. تغییر رنگ محلول از زرد کم رنگ به آبی تیره، نشانه‌ای دیداری از کاهش حالت اکسایش تنگستن و ذخیره الکترون‌ها است.

دو عامل کلیدی، موفقیت این جفت‌سازی را توضیح می‌دهند. نخست، در شرایط اسیدی، گروه‌های آمینی سطح نیتريد کربن گرافیتی پروتون‌دار شده و بار مثبت می‌گیرند، در حالی که پلی اکسومتالات‌ها دارای بار منفی هستند. این اختلاف بار، تماس الکترواستاتیکی نزدیک و مؤثری ایجاد می‌کند. دوم، هم‌خوانی مناسب ترازهای انرژی دو ماده است که انتقال خودبه‌خودی و کارآمد الکترون‌ها را ممکن می‌کند.

آزادسازی انرژی ذخیره شده نیز فرایندی ساده دارد. پژوهشگران تنها با افزودن کاتالیست پلاتین روی کربن به محلول تاریک، تولید هیدروژن را آغاز کردند. در این مرحله، پلاتین بستر مناسبی را فراهم می‌کند تا پروتون‌ها و الکترون‌ها با هم ترکیب شده و گاز هیدروژن بسازند. بدین ترتیب، جذب نور، ذخیره انرژی و تولید سوخت، در زمان‌ها و حتی مکان‌های متفاوت انجام می‌شود. به نقل از ستاد نانو، پس از یک ساعت تابش نور، سامانه توانست در مرحله تاریک ۱۳٫۵ میکرومول هیدروژن تولید کند و بیشینه نرخ تولید به ۳۲۳۰ میکرومول بر گرم در ساعت رسید؛ رکوردی بی‌سابقه در این حوزه. آزمایش‌های فضای باز نیز نشان دادند که با نور طبیعی خورشید، تولید هیدروژن در تاریکی به ۹۵۴ میکرومول بر گرم در ساعت می‌رسد.

این پژوهش نشان می دهد که با مونتاژ ساده الکترواستاتیکی مواد تجاری، می توان انرژی خورشیدی را ذخیره و بدون برق، در تاریکی به هیدروژن تبدیل کرد. اگر در آینده پایداری طولانی مدت این ذخیره الکترونی تأیید شود، راه برای انتقال انرژی خورشیدی از مناطق آفتابی به مناطق کم نور، در قالب مایعی ایمن و کم هزینه، هموار خواهد شد.