

ذخیره نور خورشید در بطری برای تولید هیدروژن در شب



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 در تاریکی» به ثبت برساند.

به گزارش مشعل نیوز، 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 ذخیره‌شده را برای هفته‌ها و در مسیرهای طولانی حمل‌ونقل 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 کربن‌زدایی از صنایع سنگین، حمل‌ونقل سنگین و فولادسازی به شمار می‌رود. اما دو مانع بزرگ، توسعه گسترده آن را کُند 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 سرمایه‌ی تا منفی ۲۵۳ درجه سانتی‌گراد دارد؛ هر دو گزینه، پرهزینه و همراه با مخاطرات ایمنی هستند.

طبیعت میلیون‌ها سال پیش راه‌حلی هوشمندانه برای این چالش یافته است. در فرایند فتوسنتز، گیاهان انرژی خورشید را جذب و آن را در واسطه‌های شیمیایی ذخیره می‌کنند. این انرژی ذخیره‌شده، 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 گران‌قیمت یا ورودی برق خارجی وابسته بوده‌اند.

در این میان، ترکیباتی به نام پلی‌اکسومتالات‌ها 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 برگشت‌پذیر ذخیره و آزاد کنند؛ رفتاری شبیه به یک باتری مولکولی. با وجود این، تمامی سامانه‌های پیشین که از پلی‌اکسومتالات‌های 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 پلی‌اکسومتالات 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 به‌صورت 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 گزارش‌شده تاکنون را به ثبت رسانده است.

در قلب این فناوری، ترکیب دو ماده ساده اما هوشمندانه قرار دارد: نیتريد کربن گرافیتی و آمونیوم متانتنگستات. نیتريد کربن گرافیتی نقش فوتوکاتالیزت نیمه‌رسانا را ایفا می‌کند و پلی‌اکسومتالات تنگستنی، مخزن ذخیره الکترون‌ها است. آزمایش‌ها در محلول آبی حاوی ۱۰ درصد حجمی متانول انجام شده‌اند؛ ماده‌ای که به‌عنوان 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-حفره تولید می‌شود. الکترون‌ها به خوشه‌های پلی‌اکسومتالات منتقل و حتی پس از خاموش شدن نور نیز در آن‌ها ذخیره می‌شوند. تغییر رنگ محلول از زرد کم‌رنگ 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 پلی‌اکسومتالات‌ها 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 می‌سازد.

آزادسازی انرژی ذخیره‌شده نیز فرایندی ساده دارد. پژوهشگران تنها با افزودن کاتالیزت پلاتین روی کربن به محلول تاریک، تولید هیدروژن را آغاز کردند. در این مرحله، پلاتین بستر مناسبی فراهم می‌کند تا پروتون‌ها و الکترون‌ها با هم ترکیب شده و گاز هیدروژن بسازند. بدین‌ترتیب، جذب نور، ذخیره انرژی و تولید سوخت، در زمان‌ها و حتی مکان‌های متفاوت انجام می‌شود.

پس از یک ساعت تابش نور، سامانه توانست در مرحله تاریک ۱۳.۵ میکرومول

هیدروژن تولید کند و بیشینه نرخ تولید به ۳۲۲۰ 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 می‌دهد که با مونتاژ ساده الکترواستاتیکی مواد تجاری، می‌توان انرژی خورشیدی را ذخیره و بدون برق، در تاریکی به هیدروژن تبدیل کرد. اگر در آینده پایداری طولانی‌مدت این ذخیره الکترونی تأیید شود، راه برای انتقال انرژی خورشیدی از مناطق آفتابی به مناطق کم‌نور، در قالب مایعی ایمن و کم‌هزینه، هموار خواهد شد.