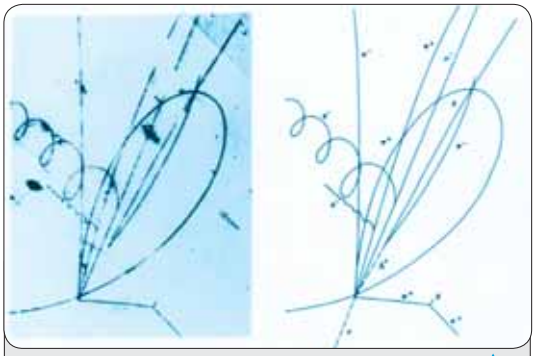
مرزهای فیزیک

تازه‌ترین اخبار پژوهشی

منیژه رهبر

ترکیب غیرعادی کوارک ذرهٔ عجیب جدیدی تولید می‌کند



▲ سپس ذره به این شکل فرو می‌پاشد.

پس از کشف تماشایی بوزون هیگز در سال ۲۰۱۲، در برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی (LHC) یا شتابگر عظیم بیرون شهر ژنو، فیزیک‌دانان در یافتن ذرهٔ جدید دچار کمبود شدند. اکنون در یک گشایش دلپذیر همکاری علمی LHCb که یکی از چهار آزمایش بزرگ در LHC را انجام می‌دهد، یکی از هیجان‌انگیزترین مشاهده‌های خود از اَبَر برخورددهندهٔ ۲۷ کیلومتری را گزارش کرده است ـ ذره‌ای عجیب که نظریه‌های کنونی قادر به توضیح آن نیستند.

در اوایل سال‌های ۱۹۳۰ فیزیک‌دانان تصویر روشنی از ذرات زیراتمی تشکیل‌دهندهٔ جهان داشتند. هر اتم شناخته شده از یک هستهٔ کوچک احاطه شده با ابری از الکترون‌ها تشکیل شده بود، و هر هسته شامل تعدادی نوترون و پروتون بود. اما، با گذشت دهه‌ها تعدادی ذرات جدید و تا اندازه‌ای ناخواسته، ابتدا در آشکارسازهای بررسی ذرات فضای خارج و سپس آزمایش‌های برخورد ذرات، کشف شدند.

در سال‌های ۱۹۵۰ چند دوجین ذرات ظاهراً بنیادی کشف شده بودند و این امر باعث ناامیدی فیزیک‌دانانی شد که اغلب به ناتوانی در به خاطر سپردن فهرستی از حقایق افتخار می‌کنند. شاید انریکو فرمی در یک اظهارنظر معروف این روحیهٔ همکاران خود را به بهترین نحو توصیف کرده باشد: *«مرد جوان! اگر می‌توانستم نام این ذرات را به خاطر بسپارم، یک گیاه‌شناس بودم»*. مشکل وقتی حل شد که در همان سال‌های ۱۹۵۰ مدل جدیدی مطرح شد که بیشتر این ذرات را به صورت ترکیب تعداد کمی از ذرات واقعاً بنیادی توصیف می‌کرد. مورای گل ـ مان با به عاریت گرفتن سطری از بیداری فینگان‌های جیمز جویس (کتابی که درک آن از نظریهٔ میدان کوانتومی هم دشوارتر است) این ذرات جدید را «کوارک‌ها» نامید.

وجود کوارک‌ها در اواخر سال‌های ۱۹۶۰ به صورت تجربی تأیید شد. اکنون می‌دانیم که روی هم رفته شش کوارک ـ بالا، پایین، شگفت، افسون و کوارک‌های ته و سر، همراه با شش پادکوارک (پادذرهٔ آن‌ها) وجود دارد.

مدل کوارک همه این ذرات عجیب را به خوبی توصیف می‌کرد. پروتون‌ها، نوترون‌ها و بسیاری از ذرات دیگر که از سه کوارک ساخته شده بودند خانوادهٔ معروف به باریون‌ها را تشکیل می دادند. همین‌طور از ترکیب یک کوارک و یک پادکوارک ذرهٔ موسوم به مزون تشکیل می‌شد.

از آن پس مدل کوارک بسیار موفق بوده است و سنگ بنای شناخت ذرات بنیادی را تشکیل می‌دهد. فقط در شروع قرن بیست و یکم برخی نتایج عجیب کامل نبودن این مدل را مطرح کردند. تا سال ۲۰۰۳ کوارک‌ها به صورت ترکیب‌های دوتایی و سه‌تایی مشاهده شده بودند، سپس تعداد ذرهٔ ظاهراً متشکل از چهار کوارک شروع به نمایان شدن کردند.

در سال ۲۰۰۸ همکاری علمی بل در ژاپن مشاهدهٔ ذرهٔ عجیبی را گزارش داد ـ که متأسفانه به طور کسالت‌باری $\bar{Z}$ (۴۴۳۰) نامیده شد ـ (علامت منفی نشانگر بار منفی آن است). جرم این ذره آن را در جنگل چگال حالت‌های افسونیم ـ ذرات متشکل از یک کوارک و یک پادکوارک افسون ـ قرار می‌دهد. شگفت اینکه Z دارای بار الکتریکی است در حالی‌که حالت‌های افسونیم باید خنثی باشند، این موضوع این ذره را چیزی غیرعادی می‌سازد.

پس از تحلیل دقیق داده‌های حاصل از ۲۵۰۰۰ واپاشی مزون‌های ناشی از ۱۸۰ تریلیون برخورد در LHC در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ وجود ذرهٔ $\bar{Z}$(۴۴۳۰) با اطمینان بسیار زیاد ـ تأیید شد. این ذره با دقت ۱۹/۳ σ تأیید شد که بسیار بالاتر از آستانهٔ ۵ σ لازم برای اعلام یک کشف است. LHC با اندازه‌گیری اسپین و پارتیهٔ $\bar{Z}$(۴۴۳۰) دو ویژگی کوانتوم مکانیکی که شاکلهٔ درونی یک ذره را مشخص می‌کند ـ گامی فراتر از بل برداشت.

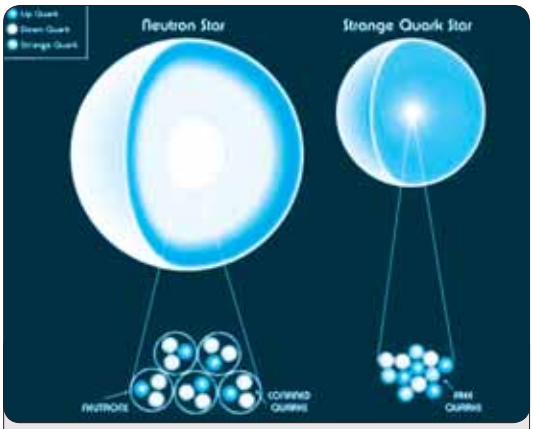
مشاهده‌های LHCb از این‌رو اهمیت دارد که فیزیک‌دانان کمی نتیجه‌ای را جدی می‌گیرند مگر اینکه دو آزمایش مستقل آن را تأیید کنند. بنابراین میلیون‌ها یورو صرف ساختن دو آشکارساز بزرگ در LHC شده است. مشاهدهٔ بوزون هیگز توسط دو تیم مستقل ATLAS و CMS، باعث متقاعد شدن جامعه علمی در واقعی بودن این ذره شد.

منبع
Phys.org.
10 Apr.2014

این نتیجه روشن‌ترین دلیل وجود ذرهٔ چهار کوارکی، حالت متشکل از چهار کوارک است تحلیل LHCb نشان می‌دهد که به احتمال زیاد $\overline{Z}(4430)$ از کوارک‌های افسون، پادافسون، پایین و پادبالا ساخته شده است. اکنون نظریه‌پردازان می‌توانند ذرهٔ جدیدی را به مدل کوارک اضافه و بکوشند تا چگونگی پیوند دقیق این کوارک‌ها را درک کنند.

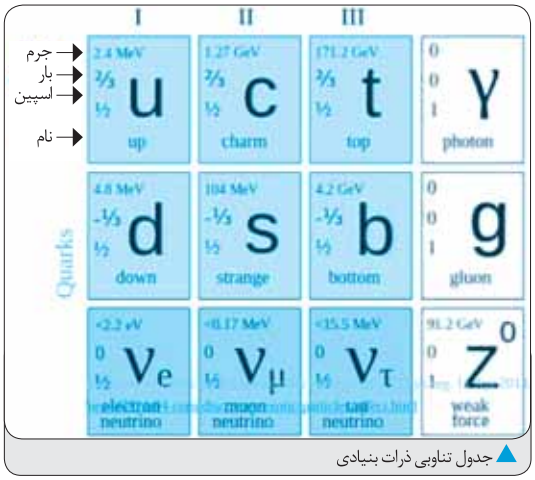
در این حال، فیزیک‌دانان درگیر آزمایش‌های LHC به اکتشاف در نواحی ناشناختهٔ جهان زیراتمی خواهند پرداخت. با این امید که بتوانند تعداد بیشتری از این خانوادهٔ عجیب جدید را کشف کنند. اکنون می‌دانیم که دست‌کم یک ذره از این خانواده وجود دارد، و احتمال تنها بودن $\overline{Z}(4430)$ بسیار کم است.

کشف سرن چه تأثیری بر اختر فیزیک دارد



تفاوت یک ستارهٔ نوترونی و یک ستارهٔ کوارکی

دیدید که سرن کشف ذرهٔ عجیب موسوم به $Z(4430)$ را گزارش داده است. مقاله‌ای دربارهٔ این کشف در physics ar xiv چاپ شده است که گنجینه‌ای از نسخه‌های اولیه (هنوز دقیقاً بررسی نشده) از مقاله‌های فیزیک است. ذرهٔ جدید تقریباً چهار بار سنگین‌تر از پروتون، دارای بار منفی، و ظاهراً ذرهٔ چهار کوارکی موسوم به تتراکوارک است. نتایج هنوز نورس‌اند، اما می‌توانند تأثیر زیادی در شناخت ما از ستارگان نوترونی داشته باشند.



جدول تناوبی ذرات بنیادی

اجزای تشکیل‌دهندهٔ ماده از لپتون‌ها (مانند الکترون و نوترینوها) و کوارک‌ها (که پروتون، نوترون و سایر ذرات را می‌سازند) تشکیل شده‌اند. تفاوت کوارک‌ها با سایر ذرات آن است که دارای بار الکتریکی $\frac{1}{3}$ یا $\frac{2}{3}$ بار الکترون و پروتون هستند. همچنین نوع دیگری بار هم دارند که از طریق نیروی هسته‌ای قوی برهم‌کنش می‌کند و موسوم به «رنگ» است. درست همان‌طور که بارهای الکتریکی از طریق نیروی الکترومغناطیسی برهم‌کنش می‌کنند، برهم‌کنش بارهای رنگی از طریق نیروی هسته‌ای قوی است. این بار رنگی است که باعث پیوند اجزای هستهٔ اتم‌ها می‌شود. بار رنگی بسیار پیچیده‌تر از بار الکتریکی است. در بررسی بارهای الکتریکی صرفاً با بار مثبت (+) و مخالف آن بار منفی (−) سروکار داریم. برای بار رنگی سه نوع (قرمز، سبز و آبی) و مخالف آن‌ها (پاد ـ قرمز، پاد ـ سبز، و پاد ـ آبی) وجود دارد.

به واسطهٔ عملکرد نیروی قوی، هرگز نمی‌توانیم کوارک آزاد داشته باشیم. نیروی قوی ایجاب می‌کند که کوارک‌ها در بسته‌هایی با هم ترکیب شوند که بارشان خنثی باشد. به عنوان مثال، پروتون متشکل از سه کوارک (دو کوارک بالا و یک کوارک پایین) با رنگ‌های متفاوت است. در مورد نور مرئی، اضافه کردن نور قرمز، سبز و آبی نور سفید تولید می‌کند که بی‌رنگ است. به همین ترتیب، ترکیب کوارک‌های قرمز، سبز و آبی ذره‌ای با رنگ خنثی تولید می‌کند. این شباهت با ویژگی‌های رنگ نور دلیل نام‌گذاری بار کوارک با رنگ‌هاست.

ترکیب کوارک‌ها در گروه‌های سه‌تایی به رنگ‌های مختلف ذره‌ای با رنگ خنثی تولید می‌کند، و این نوع ذرات باریون نامیده می‌شوند. پروتون‌ها و نوترون‌ها معمولی‌ترین باریون‌ها هستند. راه دیگر ترکیب کوارک‌ها به صورت کوارک به رنگ خاص و کوارک با پادرنگ آن است. به عنوان مثال، یک کوارک سبز و پاد ـ سبز ذره‌ای با رنگ خنثی تشکیل می‌دهند. این ذرات دو کوارکی را مزون می‌نامند که برای اولین بار در سال ۱۹۴۷ کشف شد. به‌عنوان مثال، پیون مثبت از یک کوارک بالا و یک پادکوارک پایین ساخته شده است.

با توجه به قاعده‌های نیروی قوی، راه‌های دیگری برای تشکیل یک ذرهٔ خنثی وجود دارد. یکی از این‌ها، تتراکوارک، ترکیب چهار کوارک است که دوتای از ذرات آن دارای رنگ خاص و دو ذرهٔ دیگر دارای پاد ـ رنگ متناظر با آن‌هاست. سایر ترکیب‌ها مانند پنتاکوارک (۳ رنگ + یک رنگ ـ پاد ـ رنگ) و هگزا کوارک (۳ رنگ + ۳ پاد ـ رنگ) هم پیشنهاد شده است. اما تاکنون همهٔ آن‌ها فرضی بوده‌اند. در حالی که

منبع
Phys.org. 10Apr 2014

این ذرات به لحاظ رنگی خنثی هستند، اما این امکان وجود دارد که پایدار نباشند و صرفاً به باریون‌ها و مزون‌ها واپاشیده شوند.

نشانه‌های تجربی از تتراکوارک‌ها وجود داشته است، اما آخرین نتیجه دال بر وجود ذرهٔ چهارکوارکی با رنگ خنثی است. این بدان معنی است که کوارک‌ها به راه‌های پیچیده‌تر از آنچه انتظار داشتیم با هم ترکیب می‌شوند، این موضوع تأثیر زیادی بر ساختار داخلی ستارگان نوترونی دارد.

مدل سنتی ستارهٔ نوترونی مبتنی بر تشکیل آن‌ها از نوترون است.نوترون‌ها از سه کوارک (دو کوارک پایین و یک کوارک بالا) ساخته شده‌اند، اما گمان می‌رفت که برهم‌کنش ذرات در داخل ستارگان نوترونی برهم‌کنش بین نوترون‌هاست. با در نظر گرفتن تتراکوارک، امکان برهم‌کنش بسیار قوی برای تولید تتراکوارک در مرکز ستارگان نوترونی، یا حتی برهم‌کنش تک‌تک کوارک‌ها بدون پیوند به صورت ذرات با رنگ خنثی وجود دارد. این موضوع جسمی فرضی موسوم به ستارهٔ کوارکی به وجود می‌آورد.

این موضوع هنوز فرضی است، اما تأیید کامل تتراکوارک اختر فیزیک‌دانان را به بررسی مجدد فرض‌های خود در مورد درون ستارگان نوترونی وادار خواهد کرد.

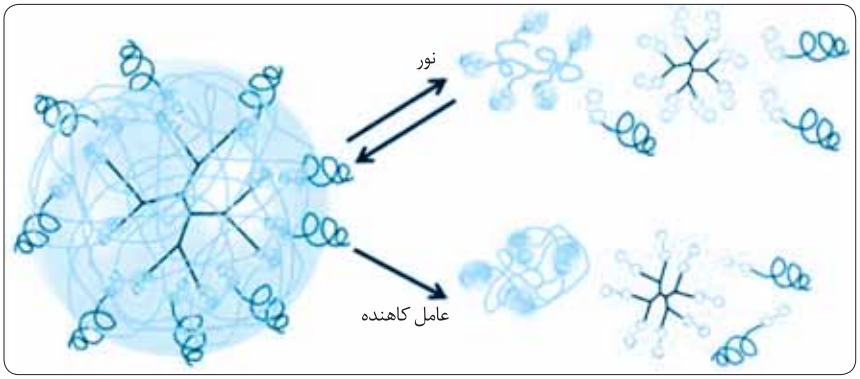
راهبردی برای تحویل هدفمند دارو

پژوهشگران انستیتوی نانوفناوری دانشگاه توئنته[1] در هلند راهبرد جدیدی را برای تحویل هدفمند دارو به بخش‌های خاصی از بدن یافته‌اند. آن‌ها حاملی را ساخته‌اند که اصولاً می‌تواند داروها، پروتئین‌ها، یا حتی مولکول‌های DNA را جابه‌جا کند. با تاباندن نور UV به این حامل یا قرار دادن آن در معرض واکنش‌های شیمیایی، حامل فروپاشیده می‌شود و داروها را آزاد می‌کند. گرچه این جزیی از یک پژوهش بنیادی است، اما خود راهبرد هم نویدبخش محسوب می‌شود. پژوهشگران نتیجهٔ پژوهش خود را در مجلهٔ علمی انگه وانته شمی[2] چاپ کرده‌اند.

به طور کلی، اگر داروها را در جریان خون تزریق کنید در سراسر بدن پخش می‌شوند. به عنوان مثال، در مورد شیمی درمانی، داروها نه تنها به سلول‌های تومور بلکه به سلول‌های سالم بیمار هم حمله می‌کنند که پیامدهای بسیار دارد. اکنون می‌توان با وارد کردن داروها به یک حامل و هدف‌گیری محل درست در بدن از این موضوع اجتناب کرد. در این صورت استفاده از دوزهای کمتر دارو هم امکان‌پذیر می‌شود. این رهیافت که درمان هدفمند نامیده می‌شود بسیار نویدبخش است. نانوساختارهای سه‌بعدی چالش موجود در توسعهٔ حامل داروها یافتن راهی برای فروپاشی آن در محل مناسب است به طوری که داروها در آنجا آزاد شوند. پژوهشگران دانشگاه توئنته اکنون راهبرد جدیدی برای این منظور یافته‌اند. آن‌ها نانوساختارهای فراذره‌ای متشکل از سه مؤلفه مختلف ساخته‌اند. این مؤلفه‌ها خودبه‌خود دور هم جمع می‌شوند و ساختاری سه‌بعدی را تشکیل می‌دهند که داروها، پروتئین‌ها و حتی مولکول‌های DNA در آن قرار می‌گیرند. با تاباندن نور فرابنفش به این ساختار یا قرار دادن آن در معرض واکنش شیمیایی، ساختار به بخش‌های اولیه فروپاشیده می‌شود و باری را که حمل می‌کرده است آزاد می‌کند. اندازهٔ این ساختارها بین ۵۰ تا ۱۰۰ نانومتر است (هر نانومتر یک میلیون بار کوچک‌تر از یک میلی‌متر است). این به معنی آن است که این ساختارها برای در بر گرفتن داروها به اندازهٔ کافی بزرگ، و برای ترابرد در جریان خون به اندازهٔ کافی کوچک هستند.

فروپاشی

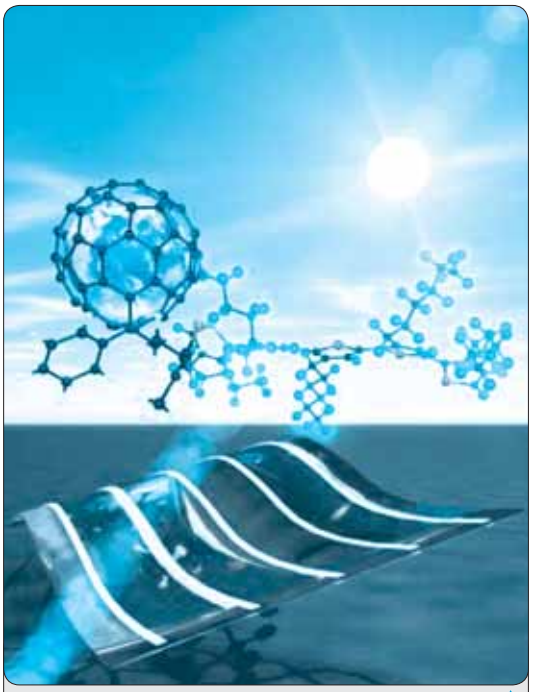
استاد یوریان هوسکنز[3] انتظار ندارد که نانوساختارهای خاصی که با گروه پژوهشی خود ساخته است فعلاً در کلینیک‌ها برای تحویل هدفمند دارو مورد استفاده قرار گیرند، ولی این راهبرد بسیار نویدبخش است. او می‌گوید: «آزمون‌های بالینی، یعنی پژوهش‌های علمی با استفاده از بیماران اکنون در حوزهٔ درمان‌های هدفمند با استفاده از دستگاه‌های قابل مقایسه صورت می‌گیرد، اما حاملان داروی دخیل را نمی‌توان به فروپاشی هدفمند وادار کرد. اکنون، برای اولین بار رهیافتی برای امکان‌پذیر ساختن این کار را یافته‌ایم.»



پی‌نوشت‌ها
1. Twente
2. Angewante Chemie
3. Juriaan Huskenz

منبع
University of Twente

تأثیر غیر منتظرهٔ هیدروژن سنگین در سلول‌های خورشیدی آلی



نقشه مفهومی که یک فوتوولتاییک آلی ساخته شده از پذیرنده PCBM (باکی بال با زمین) و بخشندهٔ پلیمر رسانای دوتریم دار را نشان می‌دهد، در آمیختن پلیمر در ابزار (پایین) باعث جذب نور خورشید برای تولید الکتریسیته می‌شود.

اگر دانشمندان بتوانند سلول‌های خورشیدی ارزان‌قیمت انعطاف‌پذیر مبتنی بر پلیمرهای آلی بسازند می‌توان پنجره‌ها و دیوارهای خانه‌های آینده را با لایه‌ای از رنگ فوتوولتاییک پوشاند. دانشمندان بخش انرژی در آزمایشگاه ملی اک ریج عامل غیر منتظره‌ای را در عملکرد ابزارهای خورشیدی مبتنی بر پلیمر یافته‌اند که شناخت تازه‌ای از تشکیل این مواد و عملکرد آن‌ها به دست می‌دهد.

دیوید گوگن[1] از آزمایشگاه ملی اک ریج می‌گوید: «یکی از رؤیاهای ما آن است که بتوانیم با خرید رنگ پلیمری از مغازه و پاشیدن آن به پنجره‌ها سلول خورشیدی خودمان را بسازیم زیرا با این کار پنجره را به ساختاری تبدیل می‌کنیم که می‌تواند الکتریسیته تولید کند. اما اکنون چیزهای ناشناختهٔ بسیاری در طی پاشیدن رنگ و خشک شدن آن رخ می‌دهد.»

وقتی کای شیائو[2] و کونلون هونگ[3] داده‌های پراکندگی نوترون به دست آمده از چشمه نوترون مبتنی بر شتابگر آزمایشگاه را برای اندازه‌گیری ساختار ظاهراً یکسان ابزارهای خورشیدی مبتنی بر پلیمر تحلیل کردند، با یک معمای علمی خورشیدی روبه‌رو شدند.

کلید این یافتهٔ آن‌ها دوتریم بود که به «هیدروژن سنگین» هم معروف است و معمولاً در تحلیل‌های پراکندگی نور به کار می‌رود. دانشمندان از این ایزوتوپ به عنوان ابزار نشانه‌گذاری استفاده و آن را جایگزین هیدروژن معمولی در نمونهٔ آلی می‌کنند زیرا نوترون اضافی دوتریم به نمایان شدن ساختار «مواد نرم» کمک می‌کند.

شیائو گفت: «معمولاً دانشمندان فکر می‌کنند که وجود دوتریم ساختار الکترونی را اصلاً تغییر نمی‌دهد. اما وقتی ما آن را برای مطالعه پلیمرهای رسانا در سلول‌های خورشیدی به کار بردیم، عملکرد الکترونیکی به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر کرد.»

این گروه برای شناخت سازوکار تأثیر دوتریم از بابی سامپتر[4] و یکی از نقاط‌قوت آزمایشگاه ملی اک ریج یعنی شبیه‌سازی به کمک اَبَررایانه روی آوردند. مدل‌سازی به کمک محاسبه‌های رایانه‌ای به پژوهشگران کمک کرد تا تعیین کنند که هیدروژن سنگین ارتعاشات مولکول‌ها را تغییر می‌دهد و باعث تأثیر غیرمستقیم و قابل ملاحظه ویژگی‌های الکترونیکی ماده می‌شود.

این گروه متوجه شدند که تأثیر دوتریم بر سلول‌های خورشیدی آلی منفی است و کارایی الکتریکی آن را کم می‌کند. اما متوجه شدند که دیگر وسایل الکترونیکی آلی مانند اسپینترونیک‌های آلی و دیودهای نور گسیل (OLEDS) از این تأثیرها بهره می‌برند.

شیائو اظهار داشت: «به طور کلی دوتریم دار کردن پلیمرها به ما کمک می‌کند تا چگونگی جریان انرژی در ابزارهای الکترونیکی آلی را بفهمیم به‌طوری که می‌توانیم آن‌ها را در آینده بهبود بخشیده و بهینه‌سازی کنیم. این موضوع چشمان ما را بر روی تأثیرات ممکن باز می‌کند.»

نتایج غیرمنتظرهٔ این پژوهشگران باعث مطالعات نوترونی آینده در حوزهٔ الکترونیک آلی خواهد شد. به عنوان مثال محل دقیق دوتریم در زنجیرهٔ پلیمر تعیین می‌کند که ویژگی‌های الکتریکی کلی تغییر می‌کند یا نه.

نتیجهٔ پژوهش‌های این گروه در *نیچر کامیونیکشن* چاپ شده است. برای اطلاعات بیشتر مراجعه کنید به

«The isotopic effects of deuteration on optoelectronic properties of conducting polymers» Ming shao etal. *Nature communications* S,Article number 3180 DOI: 10,1038/ ncomms4180, 24 Jan 2014

پی‌نوشت‌ها

1. David Gohegan
2. Kai Xiao
3. Kunlun Hong
4. Bobby Sumpter