

<http://physicsweb.org/article/news/6/4/22>

2002/04/30

پلی مرهای دراز در دی‌یدهای نورگسیل

به گفته‌ی فیزیک‌پیشه‌ها یی از ایالات متحده و هلند، دی‌یدهای نورگسیل ساخته‌شده از پلی مرهای دراز، از دی‌یدهای نورگسیل براساس مولکول‌های کوتاه نور بیش‌تری می‌گسیلند. ولی وِردنی [1] از دانش‌گاه یوتا [2]، و هم‌کارانش می‌گویند از کشف این که تولید اکسیتون‌های نورگسیل در این مواد به طول زنجیره‌ی پلی مر بسته‌گی دارد، شگفت‌زده شده‌اند. شاید این کشف به بارآوری دی‌یدهای نورگسیل پلی مری آبرُبارزده بینجامد [3].

بسیاری از پلی‌مرهای آلی، با اعمال ولتاژ به آن‌ها نور می‌گسیلند. این به خاطر ساختار مزدوج این پلی‌مرها (یعنی وجود پیوندهای یک‌درمیان یگانه و دوگانه بین کربن‌های متوالی زنجیره‌ی اصلی‌شان) است. در این ترکیب‌ها، الکترون‌ها ناجای‌گزیده‌اند و به اتم خاص‌ی وابسته نیستند؛ الکترون‌ها ارییتال‌های مولکولی با انرژی‌های متفاوت می‌سازند، که مثل نوار ظرفیت و نوار رسانش رفتار می‌کنند.

وقت‌ی به چنین ماده‌ای ولتاژ اعمال می‌شود، الکترون‌ها وارد نوار رسانش و حفره‌ها وارد نوار ظرفیت می‌شوند. یک الکترون و یک حفره در این نوارها، می‌توانند با هم پیوند برقرار کنند و یک جزء خنثا ولی برانگیخته به اسم اکسیتون بسازند. وقت‌ی الکترون و حفره با هم ترکیب می‌شوند، اکسیتون به حالت پایه می‌افتد و ممکن است نور گسیل شود.

اما نور فقط از اکسیتون‌های یک‌تایی گسیل می‌شود، یعنی از اکسیتون‌هایی که جمع اسپین الکترون و حفره‌ی‌شان صفر است. اکسیتون‌ها سه‌تایی (که اسپین کل‌شان یک است) نور نمی‌گسیلند. پس هر چه تعداد بیش‌تری اکسیتون یک‌تایی در یک دی‌ی‌ی نورگسیل پلی مری تولید شود، آن دی‌ی‌ی نور بیش‌تری می‌گسیلد. مدت‌ها است فیزیک‌پیشه‌ها تصور می‌کنند به خاطر قانون‌های کوانتم مکانیک، فقط در برابر هر سه اکسیتون سه‌تایی است که

یک اکسیتون یک‌تایی تولید می‌شود. این بازده کوانتومی یک دی‌ید نورگسیل پلی‌مری را به 25% محدود می‌کند. اما در آزمایش‌های اخیر، به بازده‌هایی تا 63% هم رسیده‌اند.

واردنی و هم‌کارانش، برای فهم علت این بازده‌های زیاد نسبت تعداد اکسیتون‌های یک‌تایی و سه‌تایی تولیدشده در پلی‌مرهای با طول‌های متفاوت (از فقط چند منومر تا صدها منومر) را بررسی کردند. آن‌ها برای بررسی لایه‌های نازک این مواد، از روش‌هایی به اسم جذب فتوالقائیده و تشدید مغناطیسی آشکارشده با جذب فتوالقائیده استفاده کردند. این پژوهش‌گران دریافتند نسبت اکسیتون‌های یک‌تایی تولیدشده در پلی‌مرهای دراز بسیار بیش‌تر است، مستقل از شکل مولکول پلی‌مر. از بررسی‌های قبلی هم شاهدی برای چنین ارتباطی پیدا شده بود. اما رنه یانسن [4] (یک‌ی از اعضای گروه) می‌گوید با این همه از این کشف شگفت‌زده شده است. او به فیزیکس وب [5] گفت: ”به ویژه این عجیب بود که پلی‌مرهای با ماهیت شیمیایی متفاوت، همه روی خم یک‌سان قرار می‌گیرند.“

واردنی و هم‌کارانش حدس می‌زنند این پدیده به خاطر تابع موج اکسیتون‌های یک‌تایی و سه‌تایی باشد. آن‌ها می‌گویند شاید تابع موج اکسیتون‌های یک‌تایی در کل طول پلی‌مر گسترده است، در حالی که تابع موج اکسیتون‌های سه‌تایی جای‌گزیده است. این یعنی تابع موج اکسیتون‌های یک‌تایی و سه‌تایی، در مولکول‌های کوچک شبیه هم است، اما در مولکول‌های بزرگ کاملاً متفاوت با یک‌دیگر است. اما این پژوهش‌گران می‌گویند برای فهم اثر تابع موج بر تولید اکسیتون‌های یک‌تایی و سه‌تایی، کار بیش‌تری لازم است.

یانسن می‌گوید: ”کشف ما خبر خوبی برای پژوهش‌های دی‌ید نورگسیل (به ویژه دی‌یدهای نورگسیل پلی‌مری) است، چون نشان می‌دهد شاید بازده‌ها هنوز به حد بالایی نظری‌شان نرسیده باشند.“

[1] Valy Vardeny

[2] University of Utah

[3] Physical Review Letters 88 197401

[4] René Janssen

[5] PhysicsWeb