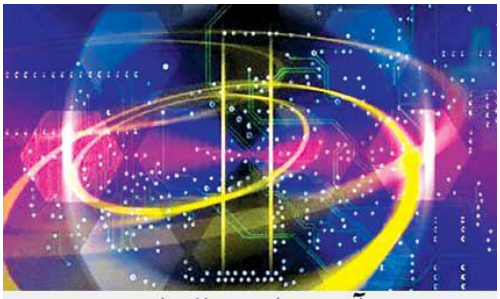
آهنربای مولکولی

(ترجمه از ناصر گوهری)



فیزیکدانان دانشگاه اوهایو با همکاری دیگر دانشمندان برای اولین بار نوعی از خاصیت آهن ربایی را به نمایش درآوردند که ۵۰ سال قبل پیش بینی شده بود. این خاصیت عبارت است از یک نوع خاص از گذار انرژی که برای اتم های موجود در یک آهن ربای کوچک روی می دهد. این نوع آهن ربا های بسیار کوچک کرومیوم ۸ (Cr8) نامیده می شوند. دانشمندان انتظار داشتند این اثر از قوانین مکانیک کوانتومی تبعیت کند، اما در عمل خواص آهن ربایی مشاهده شده، نشان از قوانین فیزیک کلاسیک داشت. قوانین کلاسیکی حرکت و انرژی را مردم در زندگی روزانه خودتجربه می کنند. این قوانین درباره اجسامی صدق می کنند که به اندازه کافی بزرگ هستند تا با چشم غیرمسلح دیده شوند. اما مکانیک کوانتومی علمی است که برهمکنش میان ذرات کوچک (در اندازه اتم) را بررسی می کند. آهن رباهای مولکولی Cr8 تا آن اندازه کوچک هستند که باید برای توصیف خواص آنها از مکانیک کوانتومی استفاده کرد. یافته های اخیر می تواند به پر شدن شکاف میان مکانیک کلاسیک و کوانتوم درباره توصیف ساختارهای ریز کمک کند.

همچنین از نتایج به دست آمده می توان برای ساخت تجهیزات آتی بر پایه نانوتکنولوژی استفاده کرد. یکی از این اهداف ساخت کامپیوتر هایی در اندازه کوچک با توان بسیار بالاست. الیور والدمن (Oliver Waldmann) از دپارتمان فیزیک دانشگاه اوهایو می گوید: این آزمایش نشان داد که می توان جنبه های مهمی از خواص مکانیک کوانتومی را با معلومات کلاسیکی درک کرد. نتایج به دست آمده توسط والدمن و همکارانش در شماره اخیر مجله فیزیکال ریویو لترز (Physical Review Letters) منتشر شده است.

مولکول هایی همچون Cr8 را آهن رباهای مولکولی می نامند. این ترکیبات هر چند از تعداد کمی اتم تشکیل شده اند اما مولکول بزرگی را تشکیل می دهند. آنچه باعث ایجاد خاصیت آهن ربایی می شود اسپین الکترون های اتم است اما کل مولکول همانند یک آهن ربای مجزا عمل می کند. Cr8 شامل هشت اتم باردار کروم است که به صورت حلقه ای به هم متصل شده اند و اندازه حلقه کمتر از یک نانومتر است.

اسپین این هشت اتم به گونه ای است که چهار اتم دارای اسپین هم جهت (به عنوان مثال جهت بالا) و چهار اتم دیگر دارای اسپین در جهت مخالف (پایین) هستند. اسپین های بالا و پایین اثر هم را خنثی می کنند و باعث می شوند که Cr8 به عنوان ماده ای آنتی فرومغناطیس شناخته شود. محققان ساختارهای متشکل از اسپین بالا و پایین را به عنوان ساختار نیل (Neel) می شناسند. لوئیس نیل فیزیکدان فرانسوی در سال ۱۹۷۰ به خاطر کشف اثر آنتی فرومغناطیس جایزه نوبل را دریافت کرد. در سال ۱۹۵۲ فیزیکدان دانشگاه پرینستون و برنده جایزه نوبل فیلیپ آندرسون (Anderson Philip) پیش بینی کرد که اگر اتم ها در یک ماده آنتی فرومغناطیس اندکی از حالت تعادل اسپین های بالا و پایین خارج شوند، گذار های انرژی آنها همانند یک ساختار موج مانند خواهند بود. اما نظریه آندرسون پیشنهاد می کند که وقتی در این نوع آهن رباها، الکترون ها در پایین ترین حالت انرژی باشند نوع دومی از القا که القای نیل نامیده می شود به وقوع خواهد پیوست. این نوع از القای نیل تا به حال مشاهده نشده بود.هنگامی که والدمن در دانشگاه نورنبرگ آلمان بود اساس تئوری این تحقیق را بنا نهاده بود و دیگر همکارانش در اروپا در پی انجام آزمایش های مربوطه بودند.این قبیل آهن رباهای مولکولی با ساختار های گوناگون می توانند اثرات جدیدی را نشان دهند که یکی از آنها مشاهده القای نیل بود.

تحقیق درباره آهن رباهای مولکولی می تواند امکان استفاده از شیمی تجزیه را در شناخت خصوصیات آهن رباها فراهم کند و برخی از ویژگی هایی را که قبلاً ناشناخته بودند، معرفی کند. این روش می تواند منجر به پیدایش علوم بنیادی جدید و تکنولوژی نوینی گردد. برای انجام دادن آزمایش دانشمندان نمونه Cr8 را تا دمای چند درجه کلوین سرد کردند. در این حالت الکترون ها به احتمال زیاد در پایین ترین تراز انرژی قرار می گیرند. سپس نمونه ها را با استفاده از نوترون ها طوری بمباران کردند که الکترون ها انرژی لازم را برای بروز القای نیل کسب کنند. با انجام بسیار ماهرانه آزمایش تعدادی از اتم ها نوترون ها را جذب کردند و سیگنال های ضعیفی از اثرات انرژی پایین آشکار شد، که القای نیل هم یکی از این اثرات بود. فیزیکدانان از این جهت Cr8 را برای انجام آزمایش انتخاب کرده بودند که توانایی تولید سیگنال ضعیف را دارا بود. هنگامی که والدمن سیگنال های مربوط به سطوح انرژی را پس از انجام آزمایش بررسی می کرد، مشاهده کرد که نتیجه آزمایش با آنچه که نیم قرن پیش توسط آندرسون پیش بینی شده بود مطابقت دارد و همه چیز سر جای خودش قرار گرفته است. والدمن در این باره می گوید: من مدت زیادی امیدوار بودم که القای نیل را مشاهده کنم. این پروژه از چهار سال قبل آغاز شده بود با این حال رسیدن به جواب برای ما موفقیت و پیروزی ناگهانی بود و این نتایج بسیار هیجان انگیز بودند، زیرا با وجود آنکه القای نیل یک اثر کوانتوم مکانیکی است اما فیزیکدانان قبلی توانسته بودند آن را با استفاده از مکانیک کلاسیک تبیین کنند. این ایده می تواند در تولید نوع جدیدی از الکترونیک به کار آید.

در الکترونیک معمولی اطلاعات بر پایه کد باینری (Binory) که از صفر و یک تشکیل می شود، کدگذاری می شوند. صفر یا یک بودن که وابسته به این است که الکترون در ماده ای از قبیل سیلیکون حضور داشته باشد یا نه. اما می توان از جهت اسپین الکترون ها که هم شامل جهت بالا و هم پایین و هم جهات

مابین این دو را شامل می شوند، استفاده کرد. از نظر تئوری این روش کدگذاری اطلاعات بسیار بیشتری را تدارک می بیند، طوری که یک الکترون به تنهایی می تواند انواع مختلفی از اطلاعات را ذخیره کند. این قبیل کامپیوتر های کوانتومی از نظر حجمی بسیار کوچک تر از کامپیوتر های معمول امروزی خواهند بود اما در عمل بسیار توانمند تر. در این قبیل کامپیوتر ها به جای تراشه های سیلیکونی از آرایه های مولکولی همانند Cr8 استفاده خواهد شد. البته تولید این نوع کامپیوتر ها نیاز به تکنولوژی خاص دارد که شاید تا چند دهه آینده به طول انجامد. این تحقیق نشان داد که القائاتی از این دست را می توان با استفاده از استدلال های کلاسیکی درک کرد و این روش می تواند برای درک دیگر اثر ها در این قبیل مواد کمک موثری باشد.

با تشکر

fpa.4t.com