



## سرعت‌ترین میکروسکوپ جهان زمان را منجمد کرد!

یک میکروسکوپ الکترونی جدید می‌تواند به طور مؤثر زمان را ثابت کند و تصاویری از وقایع را تنها ظرف یک آتوتانیه بگیرد.

یک میکروسکوپ الکترونی جدید می‌تواند به طور مؤثر زمان را ثابت کند و تصاویری از وقایع را تنها ظرف یک آتوتانیه بگیرد. به گزارش ایسنا، تصویربرداری از دنیای زیراتمی نه تنها به این دلیل که بسیار کوچک است، بلکه چون بسیار سریع هم است، دشوار است. اکنون فیزیکدانان دانشگاه آریزونا سریع‌ترین میکروسکوپ الکترونی جهان را برای ثبت وقایع تنها یک کوئنتیلیونم ثانیه ای توسعه داده اند.

یک دوربین خوب با سرعت شاتر که در حد میلی ثانیه است، ممکن است بتواند عکس واضحی از فردی که در حال دویدن است، بگیرد، اما سریع‌ترین دوربین‌ها در جهان که میکروسکوپ‌های الکترونی عبوری هستند، می‌توانند رویدادهایی را در مقیاس آتوتانیه، مانند عکس‌های الکترون‌هایی که در حال حرکت هستند، ثبت کنند.

میکروسکوپ الکترونی عبوری (Transmission electron microscopy) نوعی میکروسکوپ الکترونی است که در آن پرتویی از الکترون‌ها از یک نمونه فوق‌العاده نازک عبور می‌کنند و در اثر تعامل الکترون‌های عبوری با نمونه تصویر تشکیل می‌شود. سپس تصویر بر روی یک ابزار تصویرساز مانند یک صفحه نمایش فلورسنت یا یک لایه از فیلم عکاسی متمرکز و بزرگنمایی شده یا توسط یک حسگر آشکار می‌شود.

این میکروسکوپ‌ها قادر به تصویربرداری با وضوح قابل توجهی بالاتر از میکروسکوپ نوری هستند و علت آن کوچکتر بودن طول موج الکترون‌ها نسبت به طول موج نور است. آنها قابلیت عکس برداری از ریزساختار مواد با بزرگنمایی هزار تا یک میلیون برابری با وضوح تصویری در حد کوچک‌تر از یک نانومتر را دارند.

شایان ذکر است که یک آتوتانیه معادل یک کوئنتیلیوم ثانیه است که باعث می‌شود یک میلی ثانیه (یک هزارم ثانیه) ابدی به نظر برسد.

برای روشن‌تر شدن آن می‌توان گفت که در هر ثانیه به تعداد ثانیه‌های موجود در ۲۱.۷ میلیارد سال، «آتوتانیه» وجود دارد. این بیش از دو برابر زمانی است که جهان وجود داشته است. این یعنی اعدادی واقعا غیر قابل درک در اینجا وجود دارد. تلاش‌های قبلی برای ثبت رویدادها در چنین مقیاس زمانی، تا ۴۳ آتوتانیه رسیده بود که محققان آن زمان آن را «کوتاه‌ترین رویداد کنترل شده توسط بشر» نامیدند و اکنون محققان آن را حتی کوتاه‌تر کرده و آن را تنها به یک آتوتانیه رسانده اند. این کار جدید بر اساس تحقیقات پیر آگوستینی، فرنک کراوس و آن لوهیلیر انجام گرفته است که اولین پالس‌های نوری را تولید کردند که به اندازه کافی کوتاه بودند که در مقیاس آتوتانیه اندازه‌گیری شوند. گفتنی است که این تیم جایزه نوبل فیزیک را در سال ۲۰۲۲ به دست آورده است.

پژوهشگران برای این مطالعه جدید، چیزی را توسعه دادند که آن را «آتومیکروسکوپ» می‌نامند. ابتدا یک پالس نور فرابنفش به درون یک فوتوکاتد شلیک می‌شود که الکترون‌های بسیار سریعی را درون آتومیکروسکوپ آزاد می‌کند. سپس یک پالس لیزر به دو پرتو تقسیم می‌شود که هر دو به الکترون‌هایی که از طریق میکروسکوپ حرکت می‌کنند، فرستاده می‌شوند. یکی از این پرتوها قطبی شده است و در زمان‌های کمی متفاوت می‌رسند و یک پالس الکترونی تولید می‌کنند که می‌تواند یک نمونه (در این مورد گرافن) را تصویر کند.

این تیم با استفاده از این تکنیک قادر به تولید پالس‌های الکترونی در مقیاس تنها یک آتوتانیه شد که به آنها اجازه می‌داد حرکت فوق‌سریع الکترون را مشاهده کنند که معمولاً قابل مشاهده نیست.

محققان می‌گویند این پیشرفت می‌تواند در فیزیک کوانتومی، شیمی و زیست‌شناسی کاربرد داشته باشد. محمد حسن، نویسنده این مطالعه گفت: بهبود تفکیک زمانی درون میکروسکوپ‌های الکترونی مدت‌ها پیش بینی می‌شد و مورد توجه بسیاری از گروه‌های تحقیقاتی قرار داشت، زیرا همه ما می‌خواهیم حرکت الکترون را ببینیم. این حرکات در چند آتوتانیه اتفاق می‌افتند.

وی افزود: اکنون برای اولین بار می‌توانیم با میکروسکوپ الکترونی عبوری خود به تفکیک زمانی آتوتانیه ای دست یابیم و «آتومیکروسکوپ» را ابداع کردیم. ما برای اولین بار می‌توانیم تکه‌هایی از الکترون را در حال حرکت ببینیم. این پژوهش در مجله Science Advances منتشر شده است.