

<http://physicsweb.org/article/news/5/11/7>

2001/11/14

تپ‌های سریع، وسیله‌ای برای کاوش پلاسما

فیزیک‌پیشه‌ها برای اولین بار زمان تولید برهم‌کنش الکتروستاتیک بین ذره‌ها در یک نیم‌رسانا را سنجیده‌اند. آلفرد لیتن شترفر [1] و هم‌کارانش از دانش‌گاه صنعتی مونیخ در آلمان، دریافته‌اند چندین فمتوثانیه طول می‌کشد تا این برهم‌کنش‌ها شکل بگیرند. این تأیید برپیش‌بینی‌های نظریه‌ی کوانتومی است. این کشف پی‌آمدهای مهمی در گستره‌ی وسیع‌ی از سیستم‌های مواد (شامل آبرساناها، نیم‌رساناهای آلی، و مولکول‌های زیستی) دارد [2].

نیروی بین دو ذره‌ی باردار در خلاء (چه ربایش و چه رانش) از پتانسیل کولن به دست می‌آید. هر چه دو ذره به هم نزدیک‌تر شوند، این نیرو قوی‌تر می‌شود. اما اگر تعداد زیادی ذره‌ی دیگر هم وجود داشته باشد، این رابطه‌ی ساده پیچیده می‌شود: ذره‌ای که بار مثبت داشته باشد یک لایه از ذره‌های با بار منفی را می‌رباید (و برعکس) و این برهم‌کنش آن با ذره‌های دورتر را می‌پوشاند. به این پدیده پوشش می‌گویند.

از آزمایش‌های پیش‌چنین بر می‌آمد که این پدیده آنی است، اما علت این بود که در این آزمایش‌ها نمی‌شد تغییرات در مقیاس‌های زمانی بسیار کوچک را سنجید. گروه لیتن شترفر روشی به اسم طیف‌سنجی لیزری فراسریع را به کار برده است. این روش بر اساس تپ‌های نوری به طول فقط چند فمتوثانیه (10^{-15} ثانیه) است.

گروه یک تپ نور لیزر قرمز به درون یک لایه‌ی گالیم آرسنید شلیک کرد تا یک پلاسمای حفره‌ی مثبت و الکترون تولید شود. چند فمتوثانیه بعد، یک تپ فرسرخ فرستادند که تابع دی‌الکتریک مختلط پلاسما را می‌سنجید. این تابع معیاری از اثر میدان الکتریکی در جداکردن بارها از هم است. لیتن شترفر و هم‌کارانش این فرآیند را چندین بار تکرار کردند. در این آزمایش‌ها، فاصله‌ی زمانی بین تپ اول و دوم متفاوت بود. به این ترتیب،

گروه توانست تصویری از تغییرات تابع دی‌الکتریک در مقیاس‌های زمانی بسیار کوچک به دست آورد. معلوم شد حدود 70 فمتوثانیه طول می‌کشد تا پدیده‌ی پوشش کامل شود. لیتن‌شترفر به فیزیکس وب [3] گفت: ”مثال ما تشکیل پدیده‌ی پوشش در یک پلاسمای الکترون-حفره بود. اما خود پدیده بسیار کلی است. شاید این پدیده برای ابزارهای آبرسانای آینده، فتوشیمی فراسریع، برخورد‌های هسته‌ای، و کمپلکس‌های زیستی و آبرسانا مهم باشد.“

این کشف ضمناً نشان می‌دهد آثار کوانتومی نقش مهمی در دینامیک سیستم‌های بس‌ذره‌ای دارد (که معمولاً از آن‌ها چشم می‌پوشند). در مدل‌های متعارف (یا شبه‌کلاسیک) ماده‌ی چگال، ذره‌ها را مثلی کره‌های سختی می‌گیرند که برهم‌کنش‌شان بدون اتلاف انرژی است، و این مدل‌ها در موارد زیادی کار می‌کنند. لیتن‌شترفر می‌گوید: ”اما مدل‌های شبه‌کلاسیک ویژه‌گی‌های موجی (مثلاً تداخل) را در نظر نمی‌گیرند، و ما نشان داده‌ایم این ویژه‌گی‌ها در مقیاس‌های زمانی کوچک مهم‌اند.“

[1] Alfred Leitenstorfer

[2] Nature **414** 286

[3] PhysicsWeb