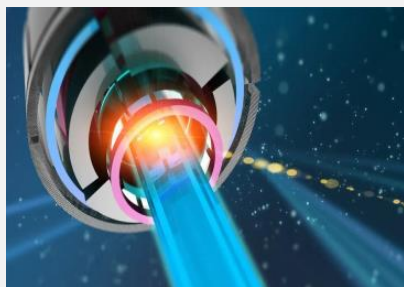


اختراع لیزرهای نوترینو غیرممکن است

محققان موسسه فناوری ماساچوست (MIT) به این نتیجه رسیده‌اند که لیزرهای نوترینو اختراعاتی غیرممکن هستند.



محققان موسسه فناوری ماساچوست (MIT) به این نتیجه رسیده‌اند که لیزرهای نوترینو اختراعاتی غیرممکن هستند.

به گزارش ایسنا، افزایش ۵۰ هزار برابری انتشار نوترینو روی کاغذ ممکن به نظر می‌رسید، اما محاسبات اخیر نشان می‌دهد که این اتفاق نخواهد افتاد.

نوترینوها همه جا هستند و در هر ثانیه تریلیون‌ها نوترینو از سیارات، ستارگان و بدن ما عبور می‌کنند. با این حال، کنترل این ذرات گریزان به طرز چشمگیری دشوار است.

پیش از این، فیزیکدانان راهی برای تولید پرتوی متمرکز و لیزر مانند از نوترینوها با خنک کردن اتم‌های رادیواکتیو تا دماهای بسیار پایین پیشنهاد کرده بودند.

با این حال، دو مطالعه نظری جدید از محققان MIT نشان می‌دهد که مکانیک کوانتومی بنیادی، مانع از کار لیزر نوترینوی پیشنهادی می‌شود؛ نه به دلیل یک مشکل مهندسی، بلکه به این دلیل که خود طبیعت این فرآیند را مسدود می‌کند.

نویسندگان این مطالعه خاطرنشان می‌کنند که چشم انداز ابرتایش نوترینو با محدودیت‌های اساسی روبرو می‌شود؛ محدودیتی هایی که نه توسط چالش‌های مهندسی، بلکه توسط خود مکانیک کوانتومی اعمال می‌شوند.

لیزری ساخته شده از ذرات شبیح

طرح اولیه لیزر، سرد کردن حدود یک میلیون اتم رادیواکتیو روبیدیوم-۸۳ به حالت چگالش بوز-اینشتین را مطرح می‌کرد؛ حالتی که در آن اتم‌ها به صورت جمعی به عنوان یک سیستم کوانتومی واحد رفتار می‌کنند.

این ایده بر ابرتایش متکی بود، پدیده‌ای که در آن بسیاری از ذرات به جای مستقل بودن، به صورت جمعی تابش می‌کنند.

به جای اینکه نرخ تابش با تعداد اتم‌ها افزایش یابد، در حالت ایده‌آل می‌تواند مقیاس بندی شود.

برای لیزر نوترینوی پیشنهادی، روبیدیوم-۸۳ در حین آزاد کردن یک نوترینو به کریپتون-۸۳ واپاشی می‌کند. محققان تخمین زدند که انتشار جمعی می‌تواند نیمه عمر ۸۶ روزه روبیدیوم را به تقریباً ۲.۵ دقیقه کاهش دهد که افزایشی تقریباً ۵۰ هزار برابری در نرخ انتشار نوترینو است.

با این حال، محاسبات جدید نشان می‌دهد که این سناریو با چندین مانع اساسی مواجه می‌شود.

اتم خود را از بازی بیرون می‌کند

اولین مشکل، پس زنی است. یک نوترینوی تولید شده توسط واپاشی هسته‌ای تقریباً یک میلیون الکترون ولت انرژی حمل می‌کند که بسیار بیشتر از یک فوتون مرئی است. به دلیل پایداری تکانه، اتم کریپتون تازه تولید شده سرعت پس زنی چند هزار متر بر ثانیه دریافت می‌کند.

این سرعت برای اتم کافی است تا در کمتر از یک میکروثانیه از چگالش عبور کند که برای ایجاد گسیل جمعی بسیار سریع است. حرکت آن به طور مؤثر نشان می‌دهد که کدام اتم نوترینو را تولید کرده و همدوسی کوانتومی مورد نیاز برای ابرتایش را از بین می‌برد.

با این حال، حتی اگر محققان بتوانند به نحوی این مشکل پس زنی را برطرف کنند، مانع دوم باقی می‌ماند.

محققان یک حالت ایده آل را در نظر گرفتند که در آن هر دو اتم روییدیوم و کریپتون به عنوان بوزون رفتار می کردند. در این شرایط، واپاشی های متوالی می توانند چگالش را از طریق حالت های کوانتومی جمعی حرکت دهند و به نرخ گسیل اجازه دهند به مقیاس N^2 برسد.

با این حال، اتم های کریپتون- 83 واقعی فرمیون هستند. اصل طرد پائولی مانع از اشغال حالت کوانتومی یکسان توسط فرمیون های یکسان می شود. در نتیجه، زنجیره واپاشی جمعی پس از واپاشی اول مسدود می شود و حداکثر نرخ گسیل متناسب با N باقی می ماند؛ یعنی همان مقیاسی که از اتم های مستقل انتظار می رود.

بن بستى که فیزیک به ما نشان می دهد

مطالعه دوم حتی پس از در نظر گرفتن موقت کریپتون به عنوان یک بوزون، مشکل دیگری را یافت.

فضای آزاد برخلاف یک حفره نوری، حالت گسیل ثابتی را ارائه نمی دهد. طول موج بسیار کوتاه و در مقیاس پیکومتری نوترینوهای واپاشی هسته ای، مخروط گسیل جمعی احتمالی را فوق العاده باریک می کند.

محاسبات نشان می دهد که کسری از نوترینوهای که می توانند به صورت جمعی شرکت کنند، آنقدر کوچک است که حتی یک میلیون اتم نیز بسیار پایین تر از آستانه مورد نیاز برای ابرتایش قرار می گیرند. تنظیمات پیشنهادی، بهره ای تنها در حدود 10 به توان 16 یا کمتر را فراهم می کنند که عملاً هیچ تقویت مفیدی ندارند.

این دو مطالعه با هم نشان می دهند که چرا ساخت لیزر نوترینوی پیشنهادی غیر ممکن است. خود مکانیسم اساساً توسط پس زنی، خواص کوانتومی و عدم جفت شدگی جمعی کافی مسدود می شود.

ولفگانگ کترله (Wolfgang Ketterle)، یکی از نویسندگان این مطالعه و استاد فیزیک در دانشگاه MIT می گوید: این دو مقاله به نوعی مثبت اول و دوم هستند. هر یک از این دو مقاله می تواند این فرض را از بین ببرد.

این نتیجه ممکن است مانند پایان یک ایده به نظر برسد، اما همچنین نشان می دهد که چرا پیشنهادهای نظری شکست خورده می توانند ارزشمند باشند. این مطالعات با آشکار کردن دقیق محل شکست رفتار کوانتومی جمعی، تصویر واضح تری از آنچه سیستم های کوانتومی آینده برای امکان پذیر کردن اثرات مشابه نیاز دارند، ارائه می دهند.