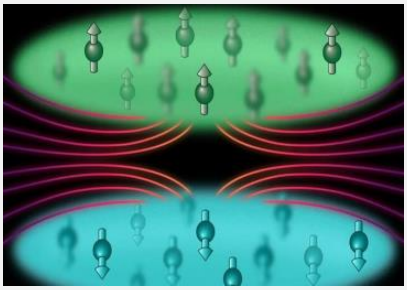

دوشنبه 17 اردیبهشت 1403 - 07:07

فیزیکدانان MIT رکورد نزدیکی اتم‌ها را شکستند

نزدیکی اتم‌ها برای شبیه‌سازهای کوانتومی که ابزارهای قدرتمند دانشمندان برای اکتشاف مواد و حالات جدید ماده هستند، بسیار مهم است.

نزدیکی اتم ها برای شبیه سازهای کوانتومی که ابزارهای قدرتمند دانشمندان برای اکتشاف مواد و حالات جدید ماده هستند، بسیار مهم است.

به گزارش ایسنا، در قلمرو مکانیک کوانتومی، مجاورت از هر چیز مهم تر است. هر چه اتم ها نزدیک تر باشند، برهم کنش های آنها قوی تر می شود و گنجینه هایی از پدیده های عجیب و غریب را ممکن می کند.

این نزدیکی برای شبیه سازهای کوانتومی، ابزارهای قدرتمندی که دانشمندان برای اکتشاف مواد و حالات جدید ماده استفاده می کنند، بسیار مهم است. به طور سنتی، این شبیه سازها اتم ها را با فاصله حداقل ۵۰۰ نانومتر از هم به دام می انداختند، محدودیتی که توسط طول موج نور مورد استفاده برای دستکاری تعیین می شود.

به نقل از آی ای، اکنون محققان مؤسسه فناوری ماساچوست(MIT) این مانع را شکسته اند و یک تکنیک پیشگامانه را توسعه داده اند که اتم ها را ۱۰ برابر به یکدیگر نزدیک تر می کند و آنها را تنها با فاصله ۵۰ نانومتری از هم قرار می دهد.

برای درک این فاصله باید گفت که عرض یک گلبول قرمز تقریباً ۱۰۰۰ نانومتر است که این نزدیکی باورنکردنی به دست آمده را برجسته می کند.

شکستن سد نور

فیزیکدانان معمولاً از یک رویکرد دو جانبه برای مرتب کردن اتم ها استفاده می کنند که شامل دماهای فوق سرد و لیزرهای دارای موقعیت استراتژیک است. لیزرها با طول موج های خاص خود، کوچک ترین الگوی قابل دستکاری را دیکته می کنند که به طور سنتی روی ۵۰۰ نانومتر که حد تفکیک نوری است، محدود می شود. از آنجایی که اتم ها به فرکانس های نور خاصی جذب می شوند، موقعیت یابی آنها به نقاط اوج شدت لیزر متکی است. این محدودیت مانع از اکتشاف پدیده هایی شد که به نزدیکی اتمی بسیار نزدیک تری نیاز داشتند.

ولفگانگ کترل(Wolfgang Ketterle)، محقق برجسته این پروژه توضیح می دهد: تکنیک های کنونی توسط طول موج نور محدود می شوند، نه خود اتم ها. ما یک تکنیک جدید دستکاری نور را کشف کرده ایم که از این محدودیت فراتر می رود.

رقص نور و چرخش

رویکرد محققان روش های موجود را با سرد کردن ابری از اتم ها، در این مورد، دیسپروزیم(dysprosium) که به خواص مغناطیسی قدرتمندش معروف است، تا نزدیک به صفر مطلق منعکس می کند. این حالتِ تقریباً ثابت امکان دستکاری دقیق با لیزر را فراهم می کند.

پژوهشگران سپس از دو لیزر استفاده کردند که هر کدام دارای فرکانس های متمایز (رنگ ها) و قطبش دوار (جهت میدان الکتریکی) بودند. هنگامی که این پرتوها با ابر اتمی فوق سرد تعامل می کنند، اتم ها می توانند چرخش ها یا اسپین های خود را در جهت مخالف هم تراز کنند و قطبش لیزرها را منعکس کنند. این اساساً دو گروه از اتم های یکسان را ایجاد می کند که بر اساس جهت اسپین شان متمایز می شوند.

هر لیزر یک موج ایستاده را تشکیل می دهد که الگویی با شدت میدان الکتریکی متغیر با فاصله ۵۰۰ نانومتر است. این امواج به دلیل قطبش های متفاوتشان، گروه های اتمی خاص را بر اساس اسپین خود جذب کرده و به هم می بندند.

محققان با همپوشانی و تنظیم دقیق لیزرها توانستند به فاصله ۵۰ نانومتری بین شدت اوج دست یابند و به طور مؤثر گروه های اتمی را با همان فاصله از هم جدا کنند.

با این حال، این دستکاری ظریف نیاز به پایداری لیزری استثنایی دارد تا حتی در برابر کوچکترین اختلالات محیطی مصون باشد. محققان به طرز هوشمندانه ای با هدایت هر دو لیزر از طریق فیبر نوری به این چالش غلبه کردند و اساساً آنها را نسبت به یکدیگر هماهنگ کردند.

لی دو، نویسنده اصلی این مقاله توضیح می دهد: فیبر حتی با وجود ارتعاشات خارجی قابل توجه، اطمینان حاصل کرد که دو پرتو لیزر نسبت به یکدیگر کاملاً پایدار می مانند.

پرده برداری از قدرت مجاورت

این تیم برای آزمایش اولیه خود از اتم های دیسپروزیم استفاده کرد که یک فلز خاکی کمیاب و دارای خواص مغناطیسی استثنایی، به ویژه در دماهای بسیار سرد است. با این حال در سطح اتمی، این فعل و انفعالات مغناطیسی حتی در طیف ۵۰۰ نانومتر ضعیف هستند. این اتم ها مانند آهنرباهای معمولی هرچه به هم نزدیکتر باشند، جاذبه میان آنها قوی تر است.

محققان این فرضیه را مطرح کردند که تکنیک آنها با قرار دادن اتم های دیسپروزیم در فاصله ۵۰ نانومتری می تواند برهمکنش هایی را که قبلاً غیر قابل تشخیص بود، آشکار کند.

کترل می گوید: این فعل و انفعالات مغناطیسی که قبلاً ناچیز بودند، در چنین فاصله نزدیکی به طرز باورنکردنی قوی می شوند.

این آزمایش ظن پژوهشگران را تأیید کرد. آنها با فوق سرد کردن اتم های دیسپروزیم، تقسیم آنها به لایه های مبتنی بر اسپین با لیزر و تثبیت لیزرها با فیبر نوری، با موفقیت به نزدیکی ۵۰ نانومتری دست یافتند که نزدیک ترین آرایشی است که تاکنون در آزمایش های اتم فوق سرد به دست آمده است.
این نزدیکی چشمگیر به طور قابل توجهی برهمکنش های مغناطیسی طبیعی بین اتم ها را تقویت کرد و آنها را نسبت به فاصله ۵۰۰ نانومتری هزار برابر قوی تر کرد.
این تیم دو پدیده کوانتومی شگفت انگیز را مشاهده کرد؛ یکی نوسان جمعی که در آن ارتعاشات در یک لایه باعث ایجاد ارتعاشات همزمان در لایه دیگر می شود و دیگری گرماسازی که در آن انتقال حرارت بین لایه ها تنها از طریق میدان های مغناطیسی نوسانی درون اتم ها رخ می دهد.
لی دو توضیح می دهد: پیش از این، تبادل حرارت بین اتم ها به تماس فیزیکی مستقیم نیاز داشت. در اینجا ما شاهد لایه های اتمی بودیم که توسط خلأ جدا شده اند و صرفاً از طریق نوسانات مغناطیسی تبادل گرما می کردند.

طلوع جدیدی برای اکتشاف کوانتومی

این پژوهش از یک تکنیک انقلابی برای قرار دادن انواع مختلف اتم در مجاورت نزدیک پرده برداری کرده است. همچنین پدیده های کوانتومی جذابی را که با نزدیک شدن اتم ها به شکل باورنکردنی به هم ظاهر می شوند، روشن می کند.
این دانش، راه را برای توسعه مواد کوانتومی جدید و به طور بالقوه برای سیستم های اتمی مغناطیسی در رایانه های کوانتومی هموار می کند.
کترل در نتیجه گیری خود گفت: ما اساساً در حال معرفی روش های با وضوح فوق العاده در زمینه شبیه سازی کوانتومی هستیم. این روش درها را به روی تعداد زیادی از احتمالات باز می کند و ما به طور فعال در حال بررسی کاربردهای مختلف این تکنیک هستیم.