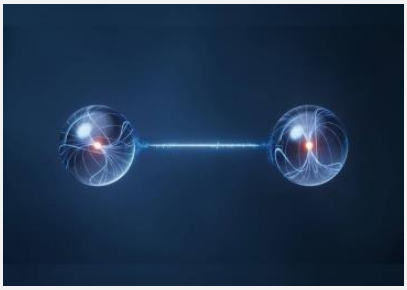

سه شنبه 19 اسفند 1404 - 07:29

ارمغان درهم‌تنیدگی کوانتومی برای نجوم نوری

آزمایش جدید پژوهشگران آمریکایی نشان می‌دهد که درهم‌تنیدگی کوانتومی می‌تواند مسیری را برای نجوم نوری با وضوح بالاتر ارائه کند.

آزمایش جدید پژوهشگران آمریکایی نشان می دهد که درهم تنیدگی کوانتومی می تواند مسیری را برای نجوم نوری با وضوح بالاتر ارائه کند.

به گزارش ایسنا، پژوهشگران آمریکایی نشان داده اند که چگونه می توان از درهم تنیدگی کوانتومی برای تشخیص سیگنال های نوری منتشرشده از منابع نجومی در سطح تک فوتون استفاده کرد.

به نقل از فیز، یک گروه پژوهشی به سرپرستی «پیتر-یان استاس»(Pieter-Jan Stas) در «دانشگاه هاروارد»(Harvard University) نشان داده اند که چگونه می توان سیگنال های نوری بسیار ضعیف را در یک لینک فیبر نوری به طول بیش از ۱.۵ کیلومتر تشخیص داد. این کار احتمالاً راه را برای تلسکوپ های نوری با وضوح بی سابقه هموار می کند.

تداخل سنجی اغلب در نجوم برای تولید تصاویر با وضوح بالا از اجرام دوردست استفاده می شود. این روش با ترکیب نور جمع آوری شده در شبکه هایی متشکل از آشکارسازهای فضایی مجزا می تواند به وضوحی قابل مقایسه با وضوح یک تلسکوپ با قطری معادل فاصله بین آنها دست یابد.

در تلسکوپ هایی مانند «تلسکوپ افق رویداد»(Event Horizon Telescope) که قاره ها را پوشش می دهند، از این روش برای ثبت اولین عکس مستقیم از یک سیاه چاله «مسیه ۸۷»(Messier 87) در سال ۲۰۱۹ استفاده شد.

در این مثال معروف، سیگنال های رادیویی از سیاه چاله به طور هم زمان در فواصل هزاران کیلومتری جمع آوری شدند. با وجود این، برای نور مرئی یا فروسرخ، سیگنال ها در سطح فوتون های منفرد شناسایی می شوند. برای بازیابی اطلاعات فاز مورد نیاز تداخل سنجی، فوتون های جمع آوری شده توسط تلسکوپ های گوناگون باید به صورت فیزیکی ترکیب شوند و در یک مکان اندازه گیری مرکزی تداخل پیدا کنند. نکته مهم این است که سیستم باید هرگونه اطلاعاتی را درباره این که کدام تلسکوپ هر فوتون را شناسایی کرده، پنهان کند.

اگرچه این روش قوی است، اما به انتقال فوتون ها در فواصل طولانی نیاز دارد. از آنجا که اطلاعات به سرعت با حرکت فوتون ها از بین می روند، شبکه های تداخل سنج نوری معمولاً به خطوط پایه حدود ۳۰۰ متر محدود می شوند که وضوح آنها را به شدت محدود می کند.

در سال ۲۰۱۲، «دنیل گاتسمن»(Daniel Gottesman) نظریه پرداز «موسسه فناوری کالیفرنیا»(Caltech) این نظریه را مطرح کرد که این محدوده می تواند با کمک درهم تنیدگی کوانتومی گسترش یابد. اگر دو یا چند آشکارساز در یک حالت کوانتومی درهم تنیده سهیم شوند، یک فوتون ورودی می تواند بدون نیاز به انتقال فیزیکی به یک آشکارساز مرکزی، با آن حالت مشترک تعامل داشته باشد. با وجود این، تولید و توزیع درهم تنیدگی با نرخ های مورد نیاز در عمل بسیار چالش برانگیز بوده است.

گروه استاس در پژوهش خود، نسخه ای عملی از این ایده را با استفاده از حافظه های کوانتومی مبتنی بر مراکز سیلیکونی تعبیه شده در نانوحفره های الماس پیاده سازی کردند. این نقص ها در شبکه الماس می توانند اطلاعات کوانتومی را برای دوره های نسبتاً طولانی ذخیره کنند.

با ایجاد درهم تنیدگی از راه دور بین دو مورد از این حافظه ها که در ایستگاه های جداگانه ای قرار دارند و توسط فیبر نوری به هم متصل شده اند، سیگنال های نوری ضعیفی که به ایستگاه ها می رسند، می توانند روی حافظه های درهم تنیده قرار بگیرند. این سیستم از آشکارسازی فوتون غیرمحلی برای تأیید شناسایی فوتون هنگام فیلتر کردن نویز پس زمینه استفاده کرد.

این مراحل در کنار یکدیگر به پژوهشگران امکان دادند تا فاز تفاضلی نور ورودی ضعیف بین دو ایستگاه را اندازه گیری کنند. در آزمایش آنها، ایستگاه ها تا ۱.۵۵ کیلومتر از هم جدا شدند. این بسیار طولانی تر از خطوط پایه ای است که معمولاً در تداخل سنجی نوری امروزی استفاده می شوند.

در حال حاضر هنوز راه درازی در پیش است تا این روش را بتوان در نجوم به صورت عملی پیاده سازی کرد. از آنجا که درهم تنیدگی فقط با سرعت محدودی می تواند ایجاد شود، گروه استاس توانستند داده ها را تنها در حدود ۱۲ میلی هرتز جمع آوری کنند. علاوه بر این، رویدادهای تشخیص نادرست، سطح نویز را هنگامی که تعداد فوتون ها بسیار کم بود، افزایش دادند. با وجود این، این آزمایش نشان می دهد که اجزای اصلی تداخل سنجی به کمک درهم تنیدگی می توانند در عمل با هم کار کنند.

پژوهشگران امیدوارند که با پیشرفت در تولید درهم تنیدگی، روش آنها در نهایت بتواند سطح جدیدی از روش های تصویربرداری کوانتومی را فعال کند و در نهایت به پیشرفت های جدید در نجوم نوری و ارتباطات اعماق فضا بیانجامد.

این پژوهش در مجله «Nature» به چاپ رسید.