



تلاقی اینترنت کوانتومی با فضا-زمان در یک ایده مبتکرانه

دانشمندان نشان می‌دهند که شبکه‌های کوانتومی ساعت‌ها، دریچه‌ای را برای بررسی چگونگی درهم‌تنیدگی نظریه کوانتومی و فضا-زمان خمیده می‌گشایند.

دانشمندان نشان می‌دهند که شبکه‌های کوانتومی ساعت‌ها، دریچه‌ای را برای بررسی چگونگی درهم‌تنیدگی نظریه کوانتومی و فضا-زمان خمیده می‌گشایند.

به گزارش ایسنا، شبکه کوانتومی به سرعت در سراسر جهان در حال توسعه است. این فناوری کوانتومی کلیدی، برقراری اینترنت کوانتومی جهانی را ممکن می‌سازد که توانایی استقرار ارتباطات امن در مقیاس بزرگ و اتصال رایانه‌های کوانتومی در سطح جهان است. رقابت برای تحقق این دیدگاه، چه در زمین و چه در فضا در جریان است.

به نقل از اوراسیا ریویو، یک پژوهش جدید که با همکاری «ایگور پیکوفسکی» (Igor Pikovski) از «موسسه فناوری استیونز» (Stevens Institute of Technology)، «جیکوب کاوی» (Jacob Covey) از «دانشگاه ایلینوی در اوربانا-شمپین» (U of I) و «یوهانس بورگارد» (Johannes Borregaard) از «دانشگاه هاروارد» (Harvard University) توسعه یافته است، نشان می‌دهد که شبکه‌های کوانتومی از آنچه پیشتر تصور می‌شد، همه‌کاره‌تر هستند. پژوهشگران در این پروژه نشان دادند که این فناوری می‌تواند بررسی کند چگونه فضا-زمان خمیده بر نظریه کوانتومی تأثیر می‌گذارد و اولین آزمایش از این نوع را انجام دادند.

فیزیک کوانتومی تاکنون از هر آزمایشی با سربلندی عبور کرده اما این که وقتی نظریه نسبیت عام «آلبرت اینشتین» وارد عمل می‌شود چگونه رفتار می‌کند، کمتر مشخص است. در نظریه اینشتین، گرانش دیگر یک نیرو نیست، بلکه نتیجه تغییر فضا و زمان (فضا-زمان خمیده) است. این امر به اثرات منحصر به فردی مانند کند شدن زمان در نزدیکی سیارات منجر می‌شود. این پدیده با دقت بسیار بالایی بررسی و تأیید شده و همچنین در فیلم‌ها و رمان‌های علمی-تخیلی رواج یافته است اما این جریان متغیر زمان چگونه بر مکانیک کوانتومی تأثیر می‌گذارد؟ آیا نظریه کوانتومی یا نسبیت عام یا هر دو در جایی که در هم تنیده می‌شوند، نیاز به اصلاح دارند؟ اگرچه هنوز یک نظریه کامل از گرانش کوانتومی وجود ندارد اما پیشنهادهایی مطرح شده مبنی بر این که اصول کوانتومی ممکن است در حضور فضا-زمان خمیده تغییر کنند. با وجود این، بررسی این مرز تاکنون در آزمایش‌ها غیرممکن بوده است.

پیکوفسکی و بورگارد در پژوهش پیشین خود با عنوان «آزمایش نظریه کوانتومی بر فضا-زمان خمیده با شبکه‌های کوانتومی» که در ۲۷ مه در مجله «Physical Review Research» به چاپ رسید، نشان دادند که زمان آزمایش‌هایی برای بررسی این سؤالات با استفاده از شبکه‌های کوانتومی فرا رسیده است. آنها نشان دادند که چگونه دو ویژگی منحصر به فرد اما متمایز نظریه کوانتومی و گرانش به طور همزمان نقش ایفا می‌کنند.

در نظریه کوانتومی، برهم نهی‌هایی وجود دارد که در آنها ماده نه تنها می‌تواند در حالت‌های قطعی خاص، بلکه در مخلوط‌هایی از آنها نیز به طور همزمان وجود داشته باشد. محاسبات کوانتومی از این واقعیت برای ساخت کیوبیت‌ها - برهم نهی بیت‌های ۰ و ۱ - بهره می‌برد. شبکه‌های کوانتومی می‌توانند چنین کیوبیت‌هایی را در فواصل زیاد پخش کنند اما در مجاورت زمین، این کیوبیت‌ها نیز تحت تأثیر فضا-زمان خمیده قرار می‌گیرند زیرا خود جریان زمان تغییر می‌کند. پژوهشگران نشان دادند که برهم نهی ساعت‌های اتمی در شبکه‌های کوانتومی، جریان‌های زمانی متفاوتی را در برهم نهی انتخاب می‌کنند و این امر دریچه‌ای را برای بررسی چگونگی درهم‌تنیدگی نظریه کوانتومی و فضا-زمان خمیده می‌گشاید.

پیکوفسکی گفت: تعامل بین نظریه کوانتومی و گرانش، یکی از چالش‌برانگیزترین مسائل فیزیک امروز به شمار می‌رود اما در عین حال جذاب است. شبکه‌های کوانتومی به ما کمک می‌کنند تا این تعامل را برای اولین بار در آزمایش‌های واقعی بررسی کنیم.

پیکوفسکی و بورگارد با همکاری آزمایشگاه کاوی، یک پروتکل مشخص ایجاد کردند. آنها نشان دادند که چگونه می‌توان اثرات کوانتومی را با استفاده از حالت‌های W درهم‌تنیده در گره‌های شبکه توزیع کرد و چگونه تداخل بین این سیستم‌های درهم‌تنیده ثبت می‌شود. با بهره‌برداری از قابلیت‌های کوانتومی مدرن مانند تله پورت کوانتومی (انتقال حالت کوانتومی یک ذره به ذره دیگر) و جفت‌های بل درهم‌تنیده (حالت‌های حداکثر درهم‌تنیده دو کیوبیت) در آرایه‌های اتمی می‌توان به آزمایشی از نظریه کوانتومی روی فضا-زمان خمیده دست یافت.

پیکوفسکی ادامه داد: ما معتقدیم که نظریه کوانتومی در همه جا برقرار است اما واقعاً نمی‌دانیم که آیا این درست است یا خیر. گرانش ممکن است نحوه عملکرد مکانیک کوانتومی را تغییر دهد. در واقع، برخی از نظریه‌ها چنین اصلاحاتی را پیشنهاد می‌کنند و فناوری کوانتومی قادر به آزمایش آنها خواهد بود.

نتایج پژوهش پیکوفسکی، کاوی و بورگارد نشان می‌دهد که شبکه‌های کوانتومی نه تنها یک ابزار عملی مفید برای اینترنت کوانتومی آینده هستند، بلکه فرصت‌های منحصر به فردی را برای مطالعه فیزیک بنیادی فراهم می‌کنند که با حسگر کلاسیک قابل دستیابی نیست. حداقل، اکنون آزمایش نحوه رفتار مکانیک کوانتومی روی فضا-زمان خمیده امکان‌پذیر است. این پژوهش در مجله «PRX Quantum» به چاپ رسید.