



قوانین آنتروپی در دنیای کوانتومی هم کار می‌کنند

نتایج یک مطالعه جدید نشان می‌دهد که قوانین آنتروپی در دنیای کوانتومی نیز کار می‌کنند.

نتایج یک مطالعه جدید نشان می‌دهد که قوانین آنتروپی در دنیای کوانتومی نیز کار می‌کنند. در واقع فیزیک کوانتومی نیز از قانون دوم ترمودینامیک مستثنی نیست. همچنین دارای هرج و مرج و بی نظمی، اما از نوعی دیگر است. به گزارش ایسنا، طبق قانون دوم ترمودینامیک، آنتروپی یک سیستم ایزوله به مرور زمان افزایش می‌یابد. همه چیز در اطراف ما از این قانون پیروی می‌کند. به عنوان مثال، ذوب شدن یخ، آشفته‌گی اتاق، سرد شدن قهوه داغ و پیری، همه نمونه‌هایی از افزایش آنتروپی در طول زمان هستند.

آنتروپی (entropy) مفهومی علمی و همچنین یک خاصیت فیزیکی غیر قابل اندازه‌گیری است که در عادی‌ترین حالت با حالت اختلال، تصادفی بودن و عدم قطعیت مرتبط است. به عبارتی، آنتروپی یک سامانه فیزیکی، کمترین تعداد ذراتی است که برای تعریف صحیح حالت دقیق سامانه نیاز است. آنتروپی نماینده تصادفی بودن مولکول‌ها است و در واقع ویژگی‌های یک سامانه را تعریف می‌کند.

دانشمندان تا پیش از این معتقد بودند که فیزیک کوانتومی از این قانون مستثنی است. به این دلیل که حدود ۹۰ سال پیش، ریاضیدانی به نام جان فون نویمان (John von Neumann) مجموعه‌ای از مقالات را منتشر کرد که در آنها به زبان ریاضی نشان داد که اگر اطلاعات کاملی از وضعیت کوانتومی یک سیستم داشته باشیم، آنتروپی آن در طول زمان ثابت می‌ماند. با این حال، یک مطالعه جدید از محققان دانشگاه فناوری وین (TU Wien) این مفهوم را به چالش می‌کشد. این مطالعه نشان می‌دهد که آنتروپی یک سیستم کوانتومی بسته نیز در طول زمان، تا زمانی که به سطح اوج خود برسد، افزایش می‌یابد. محققان می‌گویند: این بستگی به نوع آنتروپی دارد که شما به آن نگاه می‌کنید. اگر مفهوم آنتروپی را به گونه‌ای تعریف کنید که با ایده‌های اساسی فیزیک کوانتومی سازگار باشد، دیگر هیچ تناقضی بین فیزیک کوانتومی و ترمودینامیک وجود ندارد.

سامانه کوانتومی از آنتروپی متفاوتی پیروی می‌کند

نویسندگان این مطالعه جزئیات مهمی را در توضیح نویمان برجسته کردند. نویمان اظهار داشت که آنتروپی برای یک سامانه کوانتومی زمانی که اطلاعات کاملی در مورد سامانه داشته باشیم، تغییر نمی‌کند. با این حال، خود نظریه کوانتومی، به ما می‌گوید که داشتن دانش کامل از یک سامانه کوانتومی غیرممکن است، زیرا ما فقط می‌توانیم ویژگی‌های خاصی را با عدم قطعیت اندازه‌گیری کنیم. این بدان معناست که آنتروپی نویمان رویکرد صحیحی برای بررسی تصادفی بودن و آشفته‌گی در سامانه‌های کوانتومی نیست.

بنابراین راه درست چیست؟ نویسندگان این مطالعه توضیح می‌دهند که به جای محاسبه آنتروپی نویمان برای حالت کوانتومی کامل کل سامانه می‌توان آنتروپی را برای یک عامل قابل مشاهده خاص محاسبه کرد. این را می‌توان با استفاده از آنتروپی شانون (Shannon)، مفهومی که توسط ریاضیدانی به نام کلود شانون (Claude Shannon) در سال ۱۹۴۸ در مقاله خود با عنوان «نظریه ریاضی ارتباطات» پیشنهاد شد، به دست آورد. آنتروپی شانون عدم قطعیت در نتیجه یک اندازه‌گیری خاص را اندازه‌گیری می‌کند. این نظریه به ما می‌گوید که چه مقدار اطلاعات جدید هنگام مشاهده یک سامانه کوانتومی به دست می‌آوریم.

فلوریان میر (Florian Meier)، نویسنده اول این مطالعه و پژوهشگر دانشگاه وین گفت: اگر فقط یک نتیجه اندازه‌گیری ممکن وجود داشته باشد که با اطمینان ۱۰۰ درصدی رخ دهد، بنابراین آنتروپی شانون، صفر است. شما از نتیجه شگفت زده نخواهید شد، چیزی از آن یاد نخواهید گرفت. اگر مقادیر ممکن زیادی با احتمالات مشابه بزرگ وجود داشته باشد، آنتروپی شانون بزرگ است.

ادغام فیزیک کوانتومی با ترمودینامیک

وقتی آنتروپی یک سامانه کوانتومی را از دیدگاه کلود شانون دوباره تصور می‌کنیم، با یک سامانه کوانتومی در حالت آنتروپی شانون پایین شروع می‌کنیم، به این معنی که رفتار سیستم نسبتاً قابل پیش‌بینی است. به عنوان مثال، تصور کنید یک الکترون دارید و تصمیم دارید اسپین (چرخش) آن را که می‌تواند بالا یا پایین باشد، اندازه‌گیری کنید. اگر می‌دانید که اسپین آن ۱۰۰ درصد بالا است، آنتروپی شانون صفر است و ما چیز جدیدی از این روش اندازه‌گیری یاد نمی‌گیریم.

اگر اسپین ۵۰ درصد بالا و ۵۰ درصد پایین باشد، آنتروپی شانون زیاد است، زیرا احتمال اینکه هر دو نتیجه را به یک اندازه دریافت کنیم، اندازه‌گیری اطلاعات جدیدی به ما می‌دهد. هر چه زمان بیشتر می‌گذرد، آنتروپی افزایش می‌یابد، زیرا هرگز در مورد نتیجه مطمئن نیستید.

با این حال در نهایت، آنتروپی به نقطه‌ای می‌رسد که سطح آن کاهش می‌یابد، به این معنی که غیرقابل پیش‌بینی بودن سامانه تثبیت می‌شود. این منعکس‌کننده چیزی است که ما در ترمودینامیک کلاسیک مشاهده می‌کنیم، جایی که آنتروپی تا زمانی که به تعادل برسد، افزایش می‌یابد و سپس ثابت می‌ماند.

طبق این مطالعه، این مورد آنروپی برای سامانه های کوانتومی که ذرات زیادی را شامل می شوند و نتایج متعددی تولید می کنند نیز معتبر است.

مارکوس هوبر (Marcus Huber)، نویسنده ارشد این مطالعه و متخصص علوم اطلاعات کوانتومی در دانشگاه وین می گوید: این به ما نشان می دهد که قانون دوم ترمودینامیک در یک سامانه کوانتومی که کاملاً از محیط خود جداست نیز صادق است، فقط باید سؤالات درست پرسید و از تعریف مناسب آنروپی استفاده کنید.

این مطالعه در مجله PRX Quantum منتشر شده است.