آخرین مقالهٔ هاوکینگ دربارهٔ پارادوکس مشهور

شاید سیاهچاله‌ها «موی نرمی» داشته باشند که اطلاعات را ذخیره کنند

دکتر منیژه رهبر

وقتی فیزیک‌دان معروف استیون هاوکینگ در اوایل سال ۲۰۱۸ درگذشت، میراثی علمی بر جای نهاد که شامل یکی از دشوارترین پارادوکس‌های فیزیک نظری نوین می‌شد. اکنون مقالهٔ نهایی او دوباره به سراغ این پرسش می‌رود که آیا می‌توان اطلاعات را از یک سیاهچاله باز پس گرفت یا برای همیشه از بین می‌روند. این مقاله فرض می‌کند که اطلاعات را می‌توان در هاله‌ای از «موی نرم» که سیاهچاله را در برگرفته است ذخیره کرد.

زمانی فیزیک‌دانان گمان می‌کردند که سیاهچاله‌ها هیچ مویی ندارند. اما مَلکم پری[1] از دانشگاه کمبریج و نویسندهٔ دیگر این مقاله در روزنامهٔ *گاردین* می‌نویسد، «ما اغلب مردم را از روی موی سرشان از هم تمیز می‌دهیم، اما به نظر می‌رسید که سیاهچاله‌ها کاملاً تاس باشند». یعنی، تنها چیزی که برای توصیف ریاضی سیاهچاله‌ها لازم بود جرم واپسین آن‌ها، به علاوهٔ بار الکتریکی بود. بنابراین اگر چیزی را به درون سیاهچاله می‌انداختید هیچ سر نخی دربارهٔ اینکه جسم چه چیزی می‌توانست باشد به دست نمی‌آمد. اطلاعات مربوط به آن از دست رفته بود.

اما یاکوب بکنشتاین[2] در سال ۱۹۷۴ متوجه شد که سیاهچاله‌ها دما هم دارند. هاوکینگ کوشید ثابت کند که او اشتباه می‌کند، اما معلوم شد حق با اوست، پس به این نتیجه‌گیری رسیدند که سیاهچاله‌ها باید نوعی تابش گرمایی هم تولید کنند.

پس سیاهچاله‌ها باید آنتروپی هم می‌داشتند، یعنی به لحاظ فنی، وسیله‌ای برای تعیین اینکه به چند طریق مختلف می‌توانید اتم‌های جسم را بازآرایی کنید و هنوز همان‌طور به نظر برسد. هاوکینگ نخستین کسی بود که این آنتروپی را محاسبه کرد. او مفهوم «تابش هاوکینگ» را هم مطرح کرد.

▲ شکل ۱. استیون هاوکینگ در پرنیستون نیوجرسی، اکتبر ۱۹۷۹

در مکانیک کوانتومی، فضای تهی واقعاً خالی نیست. زوج‌های ماده/ پادماده ذرات به اصطلاح «مجازی» دائماً به وجود می‌آیند و به سرعت نابود می‌شوند. اما اگر یک زوج در نزدیکی افق رویداد یک سیاهچاله تولید شوند و یکی از آن‌ها به درون سیاهچاله بیفتد، سیاهچاله انرژی اندکی را گسیل می‌کند و جرم آن به همان میزان کم می‌شود. پس با گذشت زمان، سیاهچاله تبخیر می‌شود. هرچه سیاهچاله کوچک‌تر باشد، با سرعت بیشتری ناپدید می‌شود.

تولد یک پارادوکس

بخش بعدی داستان **با یک شرط‌بندی** در سال ۱۹۹۱ آغاز می‌شود. هاوکینگ و فیزیک‌دان کالتک کیپ تورن[3] با جان پرسکیل[4] (او هم از کالتک) شرط بستند که اطلاعات فروافتاده در یک سیاهچاله از بین می‌رود، و هرگز نمی‌توان آن را دوباره به دست آورد. پرسکیل گمان می‌کرد شاید این اطلاعات به‌صورت تابش هاوکینگ در هنگام تبخیر سیاهچاله حفظ شود. هاوکینگ و تورن علیه او استدلال می‌کردند که این اطلاعات طوری به هم ریخته می‌شوند که عملاً بی‌فایده خواهند بود. پس برای همهٔ مقاصد عملی، اطلاعات از دست رفته بود.

در سال ۲۰۰۴، به نظر می‌رسید که با مطرح شدن مفهوم مکملیت سیاهچاله، پارادوکس حل شده است. طبق این سناریو، اطلاعات فرو افتاده در سیاهچاله به‌طور همزمان به بیرون بازتابیده می‌شوند. یک ناظر نمی‌تواند هم داخل افق رویداد باشد و هم بیرون آن، پس هیچ‌کس نمی‌تواند در

یک زمان شاهد هر دو رویداد باشد. هنوز برخی پرسش‌های آزاردهنده وجود داشت، اما این استدلال هاوکینگ را متقاعد کرد و او شرط را پذیرفت. پرسکیل نسخه‌ای از *کل بیس‌بال: دانشنامهٔ بنیادی بیس‌بال* را به‌عنوان جایزه دریافت کرد «که از آن می‌توان اطلاعات را به دلخواه به دست آورد».

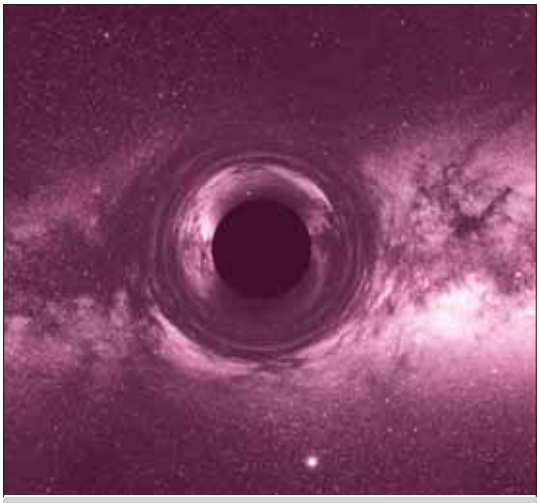
اما یک مقالهٔ سال ۲۰۱۲ که دوباره به این پارادوکس می‌پرداخت چوب لای چرخ‌ها گذاشت. جوزف پولچینسکی[5] فقید (از دانشگاه کالیفرنیا، سانتا باربارا) و سه نفر از همکارانش* متوجه شدند که سه تا از نگرش‌های بنیادی فیزیک که باور عمیقی در مورد آن‌ها وجود دارد می‌توانند به هیچ وجه درست نباشند. یکی از آن‌ها باید غلط می‌بود، و آن‌ها گمان می‌کردند که این سرشت افق رویداد است.

ناظرانی که به درون سیاهچاله فرو می‌افتند توسط دیوار آتش موجود در افق برشته می‌شوند.

عقل سلیم حکم می‌کرد کسانی که از افق رویداد گذشته‌اند متوجه هیچ کمبودی نشوند. فقط با نزدیک‌تر شدن آن‌ها به تکینگی نیروی گرانشی شدید آن‌ها را ریز ریز کند (تورن این عمل را «اسپاگتی شدن» نامید). فیزیک‌دانان این را سناریوی «جای نگرانی نیست» می‌نامند. اما بلجینسکی و همکارانش گفتند که ناظران سقوط‌کننده را دیوار آتش موجود در افق برشته می‌کند.

این شبیه پیشنهاد نظریه‌پرداز ریسمان دانشگاه اوهایو سمیر ماتور[6] در چند سال پیش از آن است. ماتور استدلال کرد که سیاهچاله‌ها خالی نیستند بلکه پر از ریسمان (یعنی واحدهای بنیادی نظریهٔ ریسمان) هستند، و سطح واقعی آن‌ها شبیه یک ستاره یا سیاره است، دیوار آتش بلجینسکی اساساً یک فیزبال داغ است.

اما این سرراست‌ترین راه‌حل برای فیصله دادن پارادوکس است.



سیاهچاله

فیزیک‌دانان که از قربانی کردن «جای نگرانی نیست» اکراه داشتند، در سال‌های پس از آن انواع راه‌حل‌ها را مطرح کردند. هاوکینگ هم این کار را در مقاله‌ای دو صفحه‌ای که در سال ۲۰۱۴ به وبگاه arXiv.org فرستاد انجام داد. این یک مقاله تخصصی نبود و هیچ معادله‌ای نداشت، بلکه خلاصه چیزی بود که سال پیش از آن در یک کنفرانس ارائه کرده بود.

هاوکینگ مطرح کرد که شاید افق رویداد نقطهٔ معینی نباشد که فراتر از آن هیچ چیز نمی‌تواند از سیاهچاله بگریزد. شاید یک «افق آشکار» وجود داشته باشد که اطلاعات را موقتاً نگه دارد. اطلاعات در داخل سیاهچاله‌ها ذخیره نمی‌شود بلکه **در مرز آن** یعنی افق رویداد حفظ می‌شود.

سیاهچاله‌های با موی نرم

آخرین مقالهٔ هاوکینگ بر این بصیرت، قبلی استوار است. پری می‌نویسد که شلدون کوپر[7] و یک همکار سوم آندرو استورمینگر[8] از هاروارد، نقطه‌ضعفی را در این استدلال ریاضی یافتند که نتیجه می‌گرفت سیاهچاله‌ها هیچ‌گونه مویی ندارند. آن‌ها در مقالهٔ جدید خود می‌توانند آنتروپی یک سیاهچاله را در فوتون‌ها (ذرات نور) که در اطراف افق رویداد بالا و پایین می‌پرند ثبت کنند. این فوتون‌ها نوعی هاله در اطراف سیاهچاله به وجود می‌آورند که نویسندگان آن را «موی نرم» نامیدند.

«ما نمی‌دانیم که آیا آنتروپی هاوکینگ هر چیزی را که می‌توانید احتمالاً به یک سیاهچاله پرتاب کنید به حساب می‌آورد».

هاوکینگ پیش از اینکه مقاله بتواند چاپ شود درگذشت. اما پری گفت که او پیش از آن به همکارش تلفن زده است ـ بدون اینکه بداند حال هاوکینگ چقدر بد شده است ـ و از طریق بلندگو نتیجه‌گیری‌هایشان را به اطلاع او رسانده است. پری می‌گوید «وقتی موضوع را برایش تشریح کردم لبخندی از روی رضایت زد».

واکنش‌های فیزیک‌دانان نظری تاکنون به تدریج مثبت شده است. ماریکا تیلور[9]، یکی از شاگردان پیشین هاوکینگ و فیزیک‌دان دانشگاه ساوت همپتون به خبرنگار روزنامهٔ *گاردین* گفت «نویسندگان مجبور به چند فرض مهم شده‌اند، بنابراین گام بعدی آن است که نشان دهند این فرض‌ها معتبرند».

نویسندگان پذیرفته‌اند که این راه‌حلی کامل برای پارادوکس اطلاعات سیاهچاله نیست، اما شناخت مفیدی را در اختیار می‌گذارد. پری به *گاردین* گفت: «ما نمی‌دانیم که آنتروپی هاوکینگ هر چیزی را که احتمالاً می‌توانید به سیاهچاله‌ها پرتاب کنید به حساب می‌آورد. گرچه هنوز پارادوکس اطلاعات را حل نکرده‌ایم اما امیدواریم راه رسیدن به یک راه‌حل را هموار ساخته باشیم».

پی‌نوشت‌ها

1. Malcom Perry
2. Jacob Bekenstein
3. Kip Thorne
4. John Preskil
5. Joseph Polchinski
6. Samir Mathur
7. Sheldon Cooper
8. Andrew Strominger
9. Marike Taylor

* یکی از همکاران فیزیک‌دان ایرانی دکتر کامران وفاست

منبع

arstechinca.com/ Science/ 2018/ 10