



شبیه‌سازی ابر کامپیوتر از ادغام دو سیاه‌چاله که امواج گرانشی را ساطع می‌کنند.

Credit: NASA/C. Henze

از ۱۳/۸ میلیارد سال پیش که انفجار بیگ‌بنگ رخ داد، جهان با گسترش صدها میلیارد کهکشان و ستاره، همچون کشمش‌هایی در یک خمیر در حال پخت به سرعت در حال انبساط است.

ستاره‌شناسان با متمرکز کردن تلسکوپ‌ها بر روی ستارگان و دیگر منابع کیهانی، اقدام به اندازه‌گیری فاصله آنها از زمین و سرعت دور شدن آنها از ما کردند. این دو پارامتر برای تخمین ثابت هابل (واحد اندازه‌گیری نرخ انبساط جهان) ضروری هستند.

اما تا به امروز، دقیق‌ترین تلاش‌ها مقادیر بسیار متفاوتی از ثابت هابل را بدست داده، و هیچ‌گونه توضیح قانع‌کننده‌ای که جهان با چه سرعتی در حال رشد و انبساط است را ارائه نمی‌دهند. دانشمندان معتقدند که این اطلاعات می‌تواند نوری بر منشأ جهان، سرنوشت آن، و اینکه آیا کیهان به‌طور نامحدودی انبساط می‌یابد یا نهایتاً در خود فرو می‌ریزد، بتاباند.

در حال حاضر دانشمندانی از دانشگاه MIT و هاروارد روشی بسیار دقیق و مستقل را برای اندازه‌گیری ثابت هابل، با استفاده از امواج گرانشی ساطع شده از یک سیستم بسیار کمیاب: دوتایی سیاه‌چاله-ستاره نوترونی پیشنهاد دادند. این سیستم دوتایی دارای انرژی بسیار زیادی است که ناشی از چرخش سیاه‌چاله و ستاره نوترونی می‌باشد. زمانی که این دو شیء به دور یکدیگر می‌چرخند، امواجی گرانشی که بافتار فضا را مرتعش می‌کنند را تولید کرده و نهایتاً در هنگام برخورد، فلشی (درخششی) از نور را از خود منتشر می‌کنند.

در مقاله‌ای که در ۱۲ ژوئای (۲۱ تیر) در *Physical Review Letters* انتشار یافت، محققان گزارش دادند که این فلش نور می‌تواند به دانشمندان تخمینی از سرعت سیستم یا سرعت دور شدن سیستم از زمین را بدهد. امواج گرانشی منتشر شده، در صورتی که بر روی زمین شناسایی شوند، اندازه‌گیری مستقل و دقیقی از فاصله سیستم را بدست می‌دهند. حتی با اینکه دوتایی سیاه‌چاله-ستاره نوترونی بسیار کمیاب می‌باشند، دانشمندان معتقدند که با این تعداد اندک نیز می‌توانند مقدار بسیار دقیق‌تری برای ثابت هابل و نرخ انبساط جهان را محاسبه کنند.

سالواتوره ویتاله، استادیار فیزیک در دانشگاه MIT و نویسنده مسئول مقاله می‌گوید: "دوتایی سیاه‌چاله-ستاره نوترونی از سیستم‌های بسیار پیچیده‌ای هستند که اطلاعات بسیار کمی درباره آنها در اختیار داریم. اگر یکی از آنها را رصد کنیم، سهم قابل‌توجهی از درک ما نسبت به جهان را به خود اختصاص خواهند داد."

دیگر نویسنده این مقاله، سین-یو چن از دانشگاه هاروارد می‌باشد.

ثوابت در حال مسابقه

اخیراً اندازه‌گیری‌های مستقلی از ثابت هابل با استفاده از تلسکوپ فضایی هابل ناسا و ماهواره پلانک آژانس فضایی اروپا صورت گرفته است. اندازه‌گیری تلسکوپ فضایی هابل براساس رصد نوعی ستاره که با نام متغیر قیفاووسی شناخته می‌شود، و همچنین رصد ابرنواخترها انجام گرفته است. هر دوی این اشیاء «شمع‌های استاندارد»ی برای الگوی‌های قابل‌پیش‌بینی از روشنایی هستند، که دانشمندان بوسیله‌ی آنها می‌توانند فاصله و سرعت ستاره را تخمین بزنند.

نوع دیگر تخمین براساس رصد نوسانات در تابش پس‌زمینه کیهانی می‌باشد. این تابش از نوع تابش الکترومغناطیسی می‌باشد که از باقی‌مانده‌های پس از انفجار بیگ‌بنگ و زمانی است که جهان هنوز در دوران طفولیت به سر می‌برد. درحالی‌که رصدهای هر دو کاوشگر بسیار دقیق است، تخمین آنها از ثابت هابل به طور قابل‌توجهی با یکدیگر متفاوت است.

ویتاله گفت: "اینجا جایی است که LIGO به میدان می‌آید."

LIGO یا رصدخانه موج گرانشی با تداخل سنج لیزری^۱، امواج گرانشی‌ای (در فضا-زمان Jell-O موج‌دار می‌شوند) که توسط پدیده‌های عظیم اخترفیزیک تولید می‌شوند، را آشکار می‌سازد.

ویتاله می‌گوید: "امواج گرانشی روشی مستقیم و بسیار ساده برای اندازه‌گیری فاصله منبع‌شان (پدیده‌های تولیدکننده امواج) از ما را بدست می‌دهند. آنچه ما با LIGO شناسایی می‌کنیم یک اثر مستقیم از فاصله تا منبع، بدون هرگونه تحلیل اضافی است."

در سال ۲۰۱۷، دانشمندان اولین شانس‌شان را در تخمین ثابت هابل از طریق منبع امواج گرانشی بدست آوردند. در آن زمان LIGO به همراه همتای ایتالیایی خود Virgo برای اولین بار برخورد یک جفت ستاره نوترونی را شناسایی کردند. این برخورد مقدار بسیار زیادی امواج گرانشی آزاد کرد، که محققان از آن برای اندازه‌گیری فاصله سیستم از زمین استفاده کردند. این ادغام همچنین فلشی از نور را ایجاد کرد، که ستاره‌شناسان با متمرکز کردن تلسکوپ‌های زمینی و فضایی بر روی این سیستم، سرعت سیستم را نیز مشخص کردند.

با انجام این اندازه‌گیری‌ها، دانشمندان مقداری جدید برای ثابت هابل را محاسبه کردند. با این حال، این تخمین با عدم قطعیتی بسیار زیاد به میزان ۱۴ درصد، بسیار بیشتر از مقادیر محاسبه شده توسط تلسکوپ فضایی هابل و ماهواره پلانک بود.

ویتاله می‌گوید که بیشتر این عدم قطعیت‌هایی می‌تواند چالشی برای توضیح فاصله دوتایی نوترونی از زمین با استفاده از امواج گرانشی‌ای باشد که این سیستم خاص از خود منتشر می‌کند.

ویتاله می‌افزاید: "ما فاصله را با نگاه کردن در مقدار بلندی^۲ موج گرانشی اندازه‌گیری می‌کنیم، به این معنی که به چه مقدار در داده‌های ما واضح می‌باشد. اگر بسیار واضح باشد، شما می‌توانید ببینید که به چه مقدار بلند است، و از این‌رو به شما فاصله را می‌دهد. اما این موضوع فقط برای ستاره نوترونی دوتایی تا اندازه‌ای صحیح است."

این بدین خاطر است که این سیستم‌ها، زمانی که دو ستاره نوترونی به دور یکدیگر می‌چرخند دیسک چرخانی از انرژی را بوجود آورده و امواج گرانشی را به شکلی ناهموار منتشر می‌کنند. اکثر امواج گرانشی به‌طور مستقیم از مرکز دیسک ساطع می‌شوند، در حالی که بخش کوچکی از این

¹ Laser Interferometer Gravitational –Wave Observatory (LIGO)

² Loud

امواج از لبه‌ها منتشر می‌شوند. اگر دانشمندان بتوانند سیگنالی بلند از امواج گرانشی را شناسایی کنند، می‌تواند یکی از این دو سناریو را نشان دهد: یا امواج شناسایی شده از لبه‌ی سیستم که به زمین بسیار نزدیکند ساطع می‌شوند، یا امواج از مرکز سیستمی بسیار دورتر منتشر می‌شوند. ویتاله می‌گوید: "با استفاده از ستاره‌های دوتایی نوترونی، بسیار سخت است که بین این دو موقعیت تمایزی قائل شد."

موجی جدید

در سال ۲۰۱۴، قبل از اینکه LIGO اولین موج گرانشی را شناسایی کند، ویتاله و همکارانش یک سیستم دوتایی متشکل از یک سیاه‌چاله و یک ستاره نوترونی را رصد کردند. این سیستم اندازه‌گیری فاصله بسیار دقیق‌تری در مقایسه با سیستم دوتایی ستاره نوترونی بدست می‌داد. تیم در حال بررسی این موضوع بود که دقیقاً چگونه می‌توان چرخش یک سیاه‌چاله را اندازه‌گیری کرد، که مشخص شد اشیائی که جهت چرخش آنها حول محورشان مشخص است، مشابه زمین اما با سرعت بیشتری دوران می‌کنند.

محققان تنوعی از سیستم‌های دارای سیاه‌چاله، شامل دوتایی سیاه‌چاله-ستاره نوترونی و دوتایی ستاره نوترونی را شبیه‌سازی کردند. آنها متوجه شدند که دوتایی سیاه‌چاله-ستاره نوترونی در مقایسه با دوتایی ستاره نوترونی بسیار دقیق‌تر فاصله منبع را اندازه‌گیری می‌کند. ویتاله می‌گوید این به سبب دوران سیاه‌چاله حول ستاره نوترونی می‌باشد، که به دانشمندان کمک کند تا نقطه‌ای از سیستم را که امواج گرانشی از آن ساطع می‌شود، را بهتر و دقیق‌تر تشخیص دهند.

ویتاله می‌افزاید: "به دلیل این اندازه‌گیری بهتر و دقیق‌تر فاصله، فکر می‌کنم که دوتایی سیاه‌چاله-ستاره نوترونی می‌تواند یک کاوش‌گر قابل رقابت^۱ برای اندازه‌گیری ثابت هابل باشد."

تیم با انجام شبیه‌سازی‌ها، وقوع هر دو نوع از سیستم‌های دوتایی در جهان و دقت اندازه‌گیری فاصله‌شان را پیش‌بینی نمود. با انجام محاسبات، نتیجه گرفتند که حتی اگر سیستم‌های دوتایی نوترونی بسیار بیشتر از سیستم دوتایی سیاه‌چاله-ستاره نوترونی (در حدود ۵۰ به ۱) باشند، دقت اندازه‌گیری در محاسبه ثابت هابل در هر دو سیستم یکسان است.

اگر دوتایی سیاه‌چاله-ستاره نوترونی اندکی بیشتر اما همچنان کمتر از دوتایی ستاره نوترونی باشد، سیستم دوتایی سیاه‌چاله-ستاره نوترونی، ثابت هابلی با دقتی چهار برابر را بدست می‌دهد.

ویتاله می‌گوید: "تاکنون تمرکز دانشمندان بر روی ستاره‌های نوترونی دوتایی به عنوان راهی برای اندازه‌گیری ثابت هابل با استفاده از امواج گرانشی بوده است. ما نشان دادیم که نوع دیگری از منبع موج گرانشی وجود دارد که تاکنون به اندازه کافی مورد استفاده قرار نگرفته است: سیاه‌چاله‌ها و ستاره‌های نوترونی چرخان به دور یکدیگر. LIGO در ژانویه ۲۰۱۹ (دی ماه ۱۳۹۷) شروع به گرفتن اطلاعات می‌کند، و بسیار حساس‌تر خواهد بود، بدین معنی که توانایی دیدن اشیاء دورتر را نیز خواهیم داشت. بنابراین باید حداقل یک دوتایی سیاه‌چاله-ستاره نوترونی را رصد کند، که این کمک خواهد کرد که راه‌حلی برای کشمکش موجود در اندازه‌گیری ثابت هابل، در چند سال آینده ارائه شود."

منبع: [Phys.org](https://phys.org)

Massachusetts Institute of Technology (MIT)

تهیه شده توسط:

اطلاعات بیشتر:

"Measuring the Hubble Constant with Neutron Star Black Hole Mergers," Physical Review Letters. journals.aps.org/prl/abstract/...ysRevLett.121.021303 . On Arxiv: arxiv.org/abs/1804.07337

مترجم: سوران زوراسنا

کلمات کلیدی: موج گرانشی، دوتایی، ستاره نوترونی، سیاه‌چاله، جهان، انبساط، ثابت هابل

Keywords: Gravitational Wave, Binary, Neutron Star, Blackhole, Universe, Expanding, Hubble Constant, LIGO
