



اثبات پیش‌بینی اینشتین در 100 سالگی نسبیت عام

جام‌جم کشف امواج گرانشی را به عنوان یکی از مهم‌ترین کشفیات بشر در دهه‌های اخیر بررسی می‌کند...

جام‌جم کشف امواج گرانشی را به عنوان یکی از مهم‌ترین کشفیات بشر در دهه‌های اخیر بررسی می‌کند
اثبات پیش‌بینی اینشتین در 100 سالگی نسبیت عام

این که دانشمندی صد سال قبل طی مطالعات علمی خود، نظریه‌ای را پیشنهاد کند و سال‌ها پس از مرگش درست در یکصد سالگی ارائه آن نظریه، هزاران محقق و مهندس، درستی نظریه او را با ساخت ابزارهای دقیق علمی آزمایش و اثبات کنند، بیش از آن که به واقعیت شبیه باشد، ما را یاد داستان‌های علمی - تخیلی می‌اندازد. بویژه که آن دانشمند آلبرت اینشتین، نابغه دنیای فیزیک و ارائه‌کننده نظریات انقلابی مانند نسبیت خاص و نسبیت عام باشد.

یکی از پیش‌بینی‌های نظریه نسبیت عام که تا چندی پیش شاهی مستقیم برایش وجود نداشت، این بود که وقتی گرانش (جاذبه) یک جسم تغییر کند، این تغییرات در فضا منتشر می‌شود. فیزیکدانان به این تغییرات، موج گرانشی می‌گویند؛ امواجی بسیار ضعیف که تا امروز هیچ ابزاری روی زمین نتوانسته بود وجودشان را اثبات کند تا این که پنجشنبه 22 بهمن گروه محققان همکار در پروژه لایگو اعلام کردند توانسته‌اند موج گرانشی حاصل از برخورد دو سیاهچاله را به طور مستقیم روی زمین اندازه بگیرند. این روزها فیزیکدانان و در صدر آنها دانشمندان و مهندسان همکار در پروژه لایگو بسیار شادمانند. آن‌قدر که گویی مچ طبیعت را در رقابتی صدساله خوابانده‌اند! آنها ردی از چیزی یافته‌اند که وجودش صد سال فکر همه را مشغول خود کرده بود.

آلبرت اینشتین، دانشمندی که عکس‌های قاب شده او در قرن اخیر به عنوان نماد هوش و نبوغ، الهام‌بخش بسیاری از محققان بوده است، حالا گوشه‌ای دیگر از جذابیت نظریه‌ای که سال 1915 به نام «نسبیت عام» ارائه کرده بود توجه دانش‌دوستان را در سراسر جهان معطوف خود کرده است. در دانش فیزیک، فضا - زمان عبارت است از یک مدل ریاضی که فضا و زمان را به صورت درهم‌تنیده و به عنوان یک کمیت پیوسته با یکدیگر ترکیب می‌کند. براساس فرضیات مفهوم فضای اقلیدسی، جهان سه بعد مکانی و یک بعد زمانی مستقل از هم دارد. در فضا - زمان سه بعد فضا و یک بعد زمان درهم ادغام می‌شود و یک محیط پیوسته چهار بعدی ایجاد می‌کند. با ترکیب فضا و زمان و ایجاد یک محیط خمیده واحد، فیزیکدان‌ها توانسته‌اند نظریه‌های فیزیک را - هم در سطح کیهانی و هم در بعد اتمی - ساده‌سازی کنند.

سنگ بنای نسبیت عام

دکتر سهراب راهوار، استاد دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف در توضیحی درباره نظریه نسبیت عام می‌گوید: نسبیت عام، نظریه‌ای بسیار انتزاعی است. گفته می‌شود اینشتین ابتدا نظریه نسبیت خاص را برای توصیف میدان‌های الکترومغناطیس استفاده کرد. او از دو اصل ثابت بودن سرعت و یکسان بودن قوانین فیزیک نسبت به تمام ناظرها در نظریه خود استفاده کرد. اینشتین اصل سومی هم به نام اصل هم‌ارزی اضافه کرد که براساس آن، میدان گرانش با جاذبه برابر دانسته شد.

او متوجه شد فضا - زمانی که در نسبیت خاص تعریف کرده بود با این تعمیم خمیده می‌شود. اتفاقاً در آن زمان ریاضیدانانی مثل هیلبرت و ریمن وجود داشتند که چند دهه قبل هندسه خمیده یا غیراقلیدسی را بنیان گذاشته بودند و اینشتین از طریق آنان با هندسه خمیده آشنا شد. تمام آنها ایده بنیادی بود که در نهایت به فرمول‌بندی نظریه نسبیت عام و مطرح شدن بحث خمیده بودن فضا - زمان منجر شد.

راهوار ادامه می‌دهد: نسبیت عام چند بار مورد آزمون قرار گرفته است، اما این که ما به طور مستقیم بتوانیم اختلالات فضا - زمان را ببینیم چیزی بود که فیزیکدانان انتظارش را داشتند و طبق نظریه نسبیت عام اینشتین پیش‌بینی شده بود، اما من خودم هم باور نمی‌کردم بتوان روزی آنها را آشکار کرد. در فیزیک همیشه برای راستی آزمایشی نظریات علمی، آنها را باید آزمایش کرد تا تأیید شود.

دانشمندان چه کشف کرده‌اند؟

دکتر محمدتقی میرترابی، اخترفیزیکدان و عضو هیأت علمی دانشگاه الزهرا در گفت‌وگو با جام‌جم درباره ماهیت کشف اخیر امواج گرانشی می‌گوید: یکی از نتایج نظریه نسبیت عام اینشتین این است که انحنای فضا - زمان ایجاد می‌کند. به این ترتیب که جرم نجومی بزرگی مثل خورشید روی فضا - زمان اطراف خودش اثر می‌گذارد و باعث خمیدگی آن می‌شود. چیزی شبیه خمیدگی که در یک جسم کشسان مانند لاستیک - وقتی یک گوی فلزی بسیار سنگین روی آن قرار می‌دهیم - ایجاد می‌شود.

مفهوم این خمیدگی که در یک فضا - زمان چهار بعدی اتفاق می‌افتد، برای ما که در زمین در فضا - زمان سه‌بعدی زندگی می‌کنیم چندان قابل تصور نیست، اما می‌دانیم جرم سنگین خورشید موجب می‌شود فضا - زمان اطراف خورشید کمی کش بیاید و سیاره زمین ما که در این فضا - زمان کش آمده در حال حرکت است، با حرکتش گرانشی به سمت خورشید

حس کنیم. وی ادامه می‌دهد: حالا اگر جسمی که نیروی گرانش تولید می‌کند، دچار تغییر و تحولاتی از قبیل تغییر مقدار جرم یا تغییر در شکل شود، میزان کشیدگی و خمش در فضا - زمان اطراف آن جسم نیز تغییر می‌کند. این تغییرات به شکل موج با سرعت نور منتشر می‌شود. انتشار تغییرات انحنای فضا - زمان را موج گرانشی می‌گویند.

امواج الکترومغناطیسی در برابر امواج گرانشی

میرتابی در تشریح شباهت‌ها و تفاوت‌های امواج الکترومغناطیسی و گرانشی می‌گوید: در موج الکترومغناطیسی مقادیر میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی در فضا تغییر می‌کند و در طول زمان و مکان منتشر می‌شود. شباهت موج گرانشی با موج الکترومغناطیسی این است که هر دو با سرعت نور منتشر می‌شود، اما ماهیت این دو با هم کاملاً متفاوت است. موج الکترومغناطیسی به آسانی از طریق جسمی که خاصیت الکتریکی دارد، قابل آشکارسازی است؛ مثل اتفاقی که در رادیو و تلفن می‌افتد و امواج الکترومغناطیسی را آشکار می‌کند. آشکارسازی موج گرانشی بسیار سخت‌تر است. علت این است که امواج گرانشی تقریباً 1040 برابر از امواج الکترومغناطیسی ضعیف‌تر است؛ این یعنی برای ثبت این امواج به ابزارهای بسیار دقیق نیاز است.

100 سال اکتشاف

عضو هیأت علمی دانشگاه الزهرا در توضیح درباره تلاش‌های دانشمندان در ثبت امواج گرانشی می‌گوید: از چند سال پیش پروژه‌های مختلفی برای ثبت امواج گرانشی طراحی شده بود، اما به علت دشوار بودن ثبت این امواج ضعیف، عملاً هیچ کدام دستاورد قابل توجهی نداشتند. تا این که بتازگی دانشمندان همکار در پروژه لایگو (که آشکارساز امواج گرانشی مبتنی بر لیزرهای است که می‌تواند لرزش‌های بسیار ضعیف را آشکار کند) توانستند این امواج بسیار ضعیف را ثبت کنند. این خبر بسیار مهمی است.

دانشمندان صد سال به دنبال آشکارسازی این امواج بوده و حالا که به این موفقیت دست یافته‌اند، تحولی مهم در شناخت ما از کیهان ایجاد شده است. علاوه بر این کشف، مهر تأیید دیگری بر نظریه نسبیت عام اینشتین محسوب می‌شود.

ما امیدواریم این کشف در آینده نیز با روش‌های دقیق‌تری تأیید شود و مراکز علمی بزرگ جهان به سرمایه‌گذاری در این زمینه برای ساخت ابزارهای دقیق‌تر بویژه در فضای ماورای جو تشویق شوند تا دریچه‌هایی نسبت به شناخت بشر از کیهان ایجاد کنند.

راهوار نیز کشف امواج گرانشی را آغازگر تحولی در دنیای علم می‌داند و معتقد است از این پس بقیه کشورها نیز در این زمینه سرمایه‌گذاری و مطالعات بیشتری خواهند کرد. وی می‌گوید: اکنون آمریکا، آلمان، لهستان، هند، ژاپن و برخی کشورهای اروپایی در این زمینه سرمایه‌گذاری کرده‌اند. این پنجره‌ای است برای مطالعات ما در کیهان.

کشف امواج گرانشی و پژوهش‌های فیزیک در ایران

میرتابی درباره مطالعات دانشمندان ایرانی در حوزه شناخت امواج گرانشی تصریح می‌کند: ما پژوهشگرانی در کشور داریم که در حوزه کیهان اولیه و گرانش مطالعه می‌کنند. البته هنوز در زمینه‌های تجربی - که به هزینه زیاد و ابزارهای بسیار پیشرفته دقیق نیاز دارد - نتوانسته‌ایم کار چندانی انجام دهیم، اما در زمینه رصدی، پژوهشگرانی داریم که در زمینه گرانش مطالعه می‌کنند و با امواج گرانشی سر و کار دارند. این اخت‌فیزیکدان معتقد است با کشف امواج گرانشی می‌توان به دریافت اطلاعات دقیق‌تر و شناخت بهتر نسبت به لحظات اولیه کیهان و سناریوهای علمی مربوط به مه‌بانگ خوشبین بود.

اهمیت کشف اخیر برای آینده

راهوار می‌گوید با آشکارسدن امواج گرانشی، روند مطالعات اخت‌فیزیکدانان در زمینه تحول ستارگان و سیاهچاله‌ها بسیار متحول خواهد شد. وی می‌افزاید: هیچ شاهد رصدی نداریم که به ما بگوید تعداد سیاهچاله‌های دوتایی در کیهان چقدر است یا این که چرا بعضی سیاهچاله‌ها این‌قدر پر جرم هستند. اصلاً خود این مشاهده و کشف اخیر، وجود سیاهچاله‌ها را اثبات می‌کند.

میرتابی نیز اظهار می‌کند: از ابتدای قرن بیستم دو نظریه مهم در فیزیک ارائه شده که بسیار موفق بوده است. اولی نظریه نسبیت عام است و دیگری نظریه میدان‌های کوانتومی. نسبیت عام ساختارهای بزرگ کیهانی و نظریه میدان‌های کوانتومی، ساختارهای زیر اتمی را توصیف می‌کند.

این دو نظریه هرچند خود به تنهایی فوق‌العاده موفق بود، اما ظاهراً با هم سازگار نیست. نسبیت عام نظریه‌ای کلاسیک بوده و با مکانیک کوانتومی سازگار نیست.

دانشمندان تلاش‌های زیادی کرده‌اند تا این دو را با هم سازگار کنند، اما چندان موفق نبوده‌اند. وی می‌افزاید: به نظر می‌رسد امواج گرانشی آشکار شده بتواند راه‌حلی پیش پای فیزیکدانان قرار دهد تا مدل‌های

دقیق‌تری از نسبیت عام ارائه کنند. این سبب می‌شود نسبت به سازگار کردن این دو نظریه علمی مهم امیدوار باشیم.

آشکارساز لایگو چطور امواج ضعیف گرانشی را ثبت کرده است؟

دکتر سهراب راهوار در توصیف ساده آنچه در کشف امواج گرانشی رخ داده با ذکر مثالی می‌گوید: سطح آب را در نظر بگیرید؛ این یک فضای تخت است. اگر ما در آن اختلالی ایجاد کنیم، شبیه سطح آب، تخت است. وقتی سنگی در آب بیندازیم یا اختلالی در سطح درست می‌کنیم، این اختلال در نسبیت عام در چهار بُعد تعریف می‌شود و وقتی اختلالی در گرانش ایجاد شود، همه چیز را در هستی کج و معوج می‌کند؛ حتی ما آدم‌ها را! اما این اختلالات بسیار کوچک است. در کشف اخیر آشکارساز لایگو، اختلالات اندازه‌گیری شده تقریباً با نسبت 10^{-21} بوده است. فرض کنید اگر طول بازوهای آشکارساز لایگو را که تقریباً 4 کیلومتر است در 10^{-21} ضرب کنیم مقدار کشیدگی‌های ناشی از موج گرانشی به دست می‌آید که این آشکارساز موفق به اندازه‌گیری آن شده است. مثلاً اندازه اجزای داخلی هسته اتم نظیر پروتون حدود 10^{-13} متر است. می‌بینید دانشمندان این اختلالات بسیار کوچک و جزئی ناشی از امواج گرانشی را که تقریباً یک ده‌هزارم

قطر پروتون می‌شود، با چنان ابزار دقیقی توانسته‌اند ثبت کنند. فلسفه بازوهای ساخته شده در آشکارساز لایگو نیز این است که بروز تغییر در امواج گرانشی دریافت شده در آشکارسازی که در آن پرتوهای لیزری تابانده شده بود، موجب کشیدگی یکی از آنها و جمع شدن دیگری به طور متناوب می‌شود.

سیاهچاله‌ها و امواج گرانشی
سیاهچاله (Black hole) ناحیه‌ای از فضا - زمان به حساب می‌آید که جرم در آن فشرده شده است. وجود سیاهچاله‌ها در هستی در نظریه نسبیت عام آلبرت اینشتین پیش‌بینی می‌شود. این نظریه پیش‌بینی می‌کند یک جرم به اندازه کاملاً فشرده می‌تواند سبب تغییر شکل و خمیدگی فضا - زمان و تشکیل سیاهچاله شود. معمولاً ستاره‌های بسیار پر جرم اواخر مراحل تحول خود به سیاهچاله تبدیل می‌شوند. سیاهچاله‌ها میدان گرانشی فوق‌العاده قوی دارند. آن قدر قوی که برای فرار از آنها سرعت نور هم کفایت نمی‌کند. چون نوری از آنها دریافت نمی‌شود بنابراین برای ما ناشناخته باقی می‌مانند. از این رو آنها را سیاهچاله می‌نامند. وقتی دو سیاهچاله دور یکدیگر بچرخند و به هم نزدیک شوند، برهمکنش‌های گرانشی فوق‌العاده قوی ایجاد می‌کنند و در این مسیر امواج گرانشی تا حدودی قوی‌تر ایجاد می‌شود که شانس آشکارسازی آن را برای ما بالا می‌برد. زیرا در حال حاضر امواج گرانشی که از ستاره‌ها و دیگر اجرام معمولی تولید می‌شود، قابل ردیابی نیست.

کاظم کوکرم - دانش