

تاریخچه کشف سیاهچاله‌ها از نظریه تا اثبات

سیاهچاله‌ها همیشه موضوع جالب و رازآلودی برای ستاره‌شناسان و دیگر دانشمندان بوده‌اند. ناسا ۱۲ تا ۱۶ آوریل (۲۳ تا ۲۷ فروردین) را هفته‌ی سیاهچاله نامگذاری کرده است و به این مناسبت نگاهی به تاریخچه‌ی کشف این اجرام می‌اندازیم.



سیاه چاله ها همیشه موضوع جالب و رازآلودی برای ستاره شناسان و دیگر دانشمندان بوده اند. ناسا ۱۲ تا ۱۶ آوریل (۲۳ تا ۲۷ فروردین) را هفته ی سیاه چاله نامگذاری کرده است و به این مناسبت نگاهی به تاریخچه ی کشف این اجرام می اندازیم.

به گزارش ایسنا، اساس و پایه ی آن چه که در مورد سیاه چاله ها می دانیم به جنگ جهانی برمی گردد. در دسامبر سال ۱۹۱۵، اروپا و سایر مردم جهان، دوران تاریک جنگ جهانی اول را می گذرانند. جایی در جبهه ی شرقی یک ستوان آلمانی در توپخانه در گت خود فرو رفته بود و سعی می کرد درون سنگر، گرم و خشک بماند. او آخرین بسته ای که از خانه برایش رسیده بود را باز کرد و یک بسته توجیهش را به خود جلب کرد. در آن شب او خطر روشن کردن نور را به جان خرید و شروع به خواندن گزارشی طولانی و با جزئیات کرد. گزارشی که نمی دانست تبدیل به مهم ترین اثر قرن بیستم خواهد شد.

نویسنده ی آن گزارش یک فیزیکدان نظری به نام آلبرت اینشتین بود و کسی که این گزارش را دریافت کرد همکارش، کارل شوارتزشیلد (Karl Schwarzschild)، مدیر رصدخانه ای در پوسددام (Potsdam)، نظریه پرداز و ریاضی دان برجسته ای بود که برخلاف شغل مربوط به نجومش در دهه ی پنجم زندگیش به جنگ رفته بود.

تنها چند هفته قبل تر، اینشتین ۱۰ سال کار خود را با موفقیت به پایان رسانده بود و نظریه ی نسبیتش را گسترش داده بود تا شامل نیروی جاذبه، الکتریسته و مغناطیس شود.

اینشتین با انتشار چهار مقاله ی برجسته در فرهنگستان علوم "پروس" اساس ریاضیات و نظریه ی کلی نسبیت را بنیان نهاد که هنوز یکی از زیباترین و ظریف ترین نظریات علمی کل تاریخ است.

استدلال دایره وار معادلات اینشتین، حل کردن آن ها را در عین زیبایی، دشوار می کند. ریشه این دشواری در معادله ی مشهور $E=mc^2$ اوست که بیان می کند انرژی و ماده قابل جابه جایی با یکدیگر هستند. از آن جایی که جاذبه نوعی انرژی است می تواند مانند ماده نیز رفتار کند و باعث گرانش بیشتر شود. از نظر ریاضیاتی، نسبیت عام یک دستگاه (تابع) غیرخطی است و حل کردن این گونه دستگاه ها دشوار است.

هنگامی که شوارتزشیلد تنها چند روز بعد پاسخی به اینشتین نوشت و اولین راه حل را برای معادله ی اینشتین ارائه داد، او را بسیار شوکه کرد. او برای اینشتین نوشت: همانطور که می بینی جنگ با من به اندازه ی کافی مهربان بوده که به رغم شلیک گلوله ها، مدتی از همه چیز دور شوم و در دنیای ایده های خودم قدم بزنم.

اینشتین نیز پاسخ داد: من مقاله ی تو را با نهایت علاقه خواندم و توقع نداشتم یک نفر بتواند راه حل دقیق این مسئله را با روشی به این سادگی به دست آورد. من از ریاضیاتی که استفاده کردی بسیار خوشم آمد.

به طرز غم انگیزی در کمتر از یک سال شوارتزشیلد تسلیم یک بیماری پوستی شد و جانش را از دست داد و به میلیون ها جان باخته ی جنگ جهانی اول در اثر این بیماری پیوست. او از خود راه حلی به جا گذاشت که به طور کامل توضیح می دهد چگونه "فضازمان" اجسام کروی مثل سیارات و ستاره ها را در بر گرفته است. "فضازمان" یک مدل ریاضی است که در آن سه بُعد فضا و یک بُعد زمان جهان در یکدیگر ادغام شده و یک محیط چهار بعدی ایجاد می کند. با ترکیب فضا و زمان فیزیکدانان توانستند نظریه های فیزیکی را ساده سازی کنند. یکی از ویژگی های بیان شده در این راه حل ریاضیاتی این است که در ستاره های فشرده با چگالی زیاد، فرار از گرانش دشوارتر می شود تا جایی که هر ذره ای، حتی نور در دام گرانش آن ها می افتد. به این نقطه که هیچ فراری از گرانش امکان پذیر نیست افق رویداد گفته می شود و هر جسمی که به افق رویداد نزدیک شود زمان برایش کند شده و سپس متوقف می شود.

کارل شوارتزشیلد

به همین علت اولین فیزیکدانانی که این اجرام عجیب را مطالعه می کردند آن ها را "ستاره های یخ زده" نامیدند. امروزه ما آن ها را با اسمی می شناسیم که اولین بار ویلر (Wheeler) در سال ۱۹۶۷ به آن ها اطلاق کرد: سیاه چاله اگرچه افق رویداد نقشی اساسی در راه حل شوارتزشیلد داشت اما سال ها طول کشید تا سیاه چاله ها به عنوان چیزی بیش از یک کنجکاوی ریاضیاتی شناخته شوند. اکثر متخصصان برجسته جهان در زمینه ی نسبیت عام در نیمه ی اول قرن بیستم باور داشتند که سیاه چاله ها هرگز نمی توانند در واقعیت شکل بگیرند.

آرتور ادینگتون (Arthur Eddington) اصرار داشت که حتما قانونی در طبیعت برای جلوگیری از چنین اتفاقی وجود دارد. توسعه ی همزمان مکانیک کوانتومی نیز باعث پیچیده شدن این مسئله می شد. یک رشته ی جدید که براساس مواردی از رفتارهای نامعمول در طبیعت ایجاد شده بود.

فیزیکدانانی که در دو رشته ی مکانیک کوانتومی و نسبیت عام کار می کردند دریافتند که هر دوی این زمینه ها برای درک ستاره های بزرگ و متراکم اهمیت زیادی دارند. اما ماهیت عجیب این شاخه های جدید فیزیک حتی با استعدادترین افراد را تحت فشار قرار می داد به همین دلیل تا ۵۰ سال بعد از مقاله ی شوارتزشیلد دانشمندان هیچ اتفاق نظری بر روی وجود سیاه چاله ها

نداشتند.

یافتن غیرقابل مشاهده ها

یک موضوع واضح بود، اگر سیاه چاله ها وجود داشته باشند به احتمال زیاد در اثر فروپاشی ستاره های عظیم شکل گرفته اند. ستاره هایی که پس از اتمام سوخت هسته ای شان نتوانستند حتی وزن خودشان را تحمل کنند. سوالی که اکثر ستاره شناسان روی آن تمرکز داشتند این بود که چگونه آن ها را پیدا کنیم؟ زیرا سیاه چاله ها هیچ نوری منتشر نمی کردند برای ستاره شناسی نور احتیاج است و برای داشتن نور باید ماده وجود داشته باشد. هرچه داغ تر و پرنورتر بهتر. خوشبختانه اواخر دهه ی ۱۹۶۰ آغاز ستاره شناسی با اشعه ی ایکس بود که با ارسال چندین موشک ژرفاسنج و ماهواره که می توانستند بالای جو زمین قرار بگیرند همراه بود.

در طول پرواز کوتاه یک موشک در سال ۱۹۶۴، ستاره شناسان یکی از بزرگترین منابع اشعه ی ایکس در آسمان را یافتند که در صورت فلکی ماکیان (Cygnus) قرار داشت و آن را "Cygnus X-۱" نامیدند.

با این حال از آن جا که هیچ منبع نوری بصری و رادیویی نداشت منبع فیزیکی آن یک راز باقی ماند. هنگامی که ماهواره ی "Uhuru X-ray Explorer" ناسا در سال ۱۹۷۰ پرتاب شد، مشاهدات دقیق تری با جزئیات بیشتر امکان پذیر شد.

یکی از اولین کشف های قابل توجه، کشف تغییرات سریع سیاه چاله ی Cyg X-۱ در بازه های زمانی کمتر از یک ثانیه بود. این موضوع نشان می داد که اندازه ی فیزیکی منطقه ای که اشعه ی ایکس منتشر می کرد بسیار فشرده و کوچک تر از یک ستاره ی معمولی است. چه چیزی چنین انرژی زیادی را در چنین فضای کمی نگه می دارد؟

در طول یک سال یک همتا برای Cyg X-۱ یافت شد که به ستاره شناسان این امکان را داد تا آن را یک دستگاه باینری که در آن اعداد با ارقام ۰ و ۱ نشان داده می شوند تشخیص دهند و جرم آن را تخمین بزنند. اندازه ی آن ۱۵ برابر بزرگ تر از خورشید بود یعنی بیش از هر اندازه ای که برای کوتوله های سفید و ستاره های نوترونی در نظر گرفته شده بود. در مجموع تغییرات سریع، تابش بزرگ اشعه ی ایکس و جرم زیاد تخمین زده شده باعث شد که Cyg X-۱ تبدیل به گزینه ی مناسبی برای اولین سیاه چاله باشد.

با ارسال تلسکوپ هایی با حساسیت بیشتر به اشعه ی ایکس در سال های بعد، این موارد قوت گرفت. ما اکنون تغییراتی در اشعه ی ایکس منتشر شده از Cyg X-۱ در بازه ی زمانی یک میلی ثانیه مشاهده می کنیم و محدوده ی انتشار آن را به چند صد کیلومتر محدود کرده ایم. تنها چند برابر بیشتر از اندازه ی افق رویداد. با مشاهده ی اشعه ی ایکس منتشر شده از سیاه چاله ها می توانیم مستقیماً ویژگی های فضا زمان را که توسط نسبیت عام پیش بینی شده بود بررسی کنیم.

خیره به افق رویداد

در حالی که سیاه چاله های ناشی از جرم ستاره ای یکی از بزرگ ترین منابع اشعه ایکس در آسمان هستند، بی ثبات نیز هستند. در بیش از ۴۰ سال پس از کشف Cyg X-۱، تنها چند ۱۰ سیاه چاله ی دیگر کشف شده است. بیشتر آن ها طی انفجارهای کوچک، غیرقابل پیش بینی قابل رویت شدند و به مدت چند ماه یا بیشتر باقی مانده و سپس دوباره برای دهه ها ناپدید شدند.

ستاره شناسان این سیاه چاله ها را به سه دسته تقسیم کردند: سخت، نرم و متوسط

این نام ها خصوصیات قابل مشاهده ی طیف های اشعه ی ایکس در هر مرحله را توصیف می کنند. ما هنوز دقیق نمی دانیم که چه مکانسیم های فیزیکی باعث ایجاد این رفتارها می شود اما به نظر می رسد به دو چیز مربوط باشد میزان گاز منتشر شده از سیاه چاله ها و میزان میدان مغناطیسی موجود درون گازها

در اصطلاح ستاره شناسی، طیف "سخت" به معنای میزان وجود اشعه های ایکس پر انرژی تر است و نوع "نرم" برعکس آن است.

البته "کم انرژی" یک اصطلاح نسبی است و فوتون هایی که از یک قرص برافزایشی (یک ساختار دیسک مانند از ماده است که به شکل حلقوی به دور یک جسم خاص می چرخد) می آیند، میلیون ها درجه دما دارند.

چرخش اصلی

با توجه به اینکه حل معادله ی اینشتین توسط شواتزشیلد کمتر از یک هفته به طول انجامید، به نظر می رسید یافتن راه حل بعدی که تقریباً نیم قرن زمان برد، یک عمر طول کشیده است. این راه حل در سال ۱۹۶۳ توسط روی کر (Roy Kerr) کشف شد. کر راه حلش را هنگامی که در دانشگاه تگزاس در آستن بود به دست آورد.

برخلاف سیاه چاله های شواتزشیلد، سیاه چاله های کر می چرخند. آن ها زاویه ی چرخش ستاره هایی که از آن ایجاد شده اند را حفظ می کنند. از نظر ستاره شناسی این موضوع بسیار مهم است زیرا از آن جایی که می دانیم تمام اجرام آسمانی در چرخش هستند از ماه گرفته تا سیارات تا کهکشان ها. بنابراین طبیعی است که توقع داشته باشیم سیاه چاله ها نیز بچرخند. شواهد این چرخش نشان می دهد که چگونه سیاه چاله ها همه چیز را مانند یک گرداب به درون خود می کشند. و این موضوع به گازها این امکان را می دهد تا سریع تر حرکت کنند. طی چند سال اخیر پس از پرتاب تلسکوپ "NuSTAR" ناسا ما توانسته ایم از طیف های منتشر شده برای اندازه گیری چرخش سیاه چاله ها با دقتی بی سابقه استفاده کنیم.

اندازه گیری چرخش سیاه چاله ها نه تنها به ما چیزهایی در مورد نسبیت عام می آموزد بلکه بینشی مهم در نحوه ی تشکیل ستاره های بزرگ و انفجار آن ها و ابرنواخترها فراهم می کند. از آن جا که این دستگاه های باینری جدید هستند (Cyg X-۱ تنها چندین میلیون سال قدمت دارد) بنابراین هر چرخشی که اندازه گیری می کنیم مشابه زمان آغاز تشکیل سیاه چاله است. از این

منظر می توان گفت آن ها واقعا "ستاره های یخ زده" هستند.

میراثی متحیر کننده

نظریه ی نسبیت عام یکی از محدود حوزه ها در فیزیک مدرن است که برای حدود یک قرن آزمایشاتش ادامه داشته است. اینشتین استعداد منحصر به فردی نه تنها در بیان نظریات فوق العاده داشت بلکه آزمایشاتی را پیشنهاد می کرد که می توانستند آن نظریات را اثبات کنند. شاید معروف ترین پیش بینی او این بود که چگونه گرانش خورشید نور سایر ستاره ها را منحرف می کند. این اثر در سال ۱۹۱۹ طی یک خورشید گرفتگی اثبات شد و اینشتین را به شهرت جهانی رساند. به گفته ی کیپ تورن (Kip Thorne)، فیزیکدان نظری، شاید حیرت آورترین پیش بینی او امواج گرانشی بودند که یک قرن پیش از آن ها سخن گفت و در سال ۲۰۱۹ توسط رصدخانه موج گرانشی تداخل سنج لیزری (LIGO) به اثبات رسید. در سال ۱۹۷۳، ایگور نوویکو (Igor Novikov) و کیپ تورن از پایه ترین قوانین پایستگی انرژی و حرکت زاویه دار، توضیحی برای نحوه ی گردش گاز درون سیاه چاله و انتشار انرژی گرانشی به صورت گرما و اشعه با دمای میلیون ها سانتی گراد به دست آوردند. این مدل دو مشکل داشت: از نظر فرضیه ای و همچنین از نظر علمی درست نبود. مشکل آن از نظر فرضیه ای این بود که توضیح نمی داد چگونه گازها زاویه شان را از دست می دهند و از نظر علمی با مشاهدات اشعه ایکس پر انرژی مطابقت نداشت. گازهای یونیزه شده هیچ اصطکاکی تجربه نمی کنند بنابراین می توانند تا ابد در مدار بمانند و هرگز به افق رویداد نزدیک نشوند. نوویکو و تورن مشکل راه حلشان را ارزیابی کردند و یک فاکتور را وارد نظریه شان کردند. در نهایت ۲۰ سال زمان برد تا پاسخ را بیابند و در سال ۱۹۹۱ استیو بالبوس (Steve Balbus) و جان هاولی (John Hawley) یک بی ثباتی قدرتمند کشف کردند که ناشی از چرخش و کشش خطوط میدان مغناطیسی درون یک قرص برافزایشی بود. گازهای یونیزه شده رساناهای خوبی هستند و می توانند میدان های قدرتمند مغناطیسی ایجاد کنند و باعث حرکت گازها به درون سیاه چاله شوند. تا سال ۲۰۰۱، ابررایانه ها به اندازه ی کافی قدرتمند شدند تا بی ثباتی بالبوس-هاولی را شبیه سازی کنند و پیش بینی های آن ها را اثبات کنند. یک دهه دیگر طول کشید تا شبیه سازی ها شامل تاثیرات تابش ها شود. و سرانجام بشر به جایی رسید که توانست از بنیادی ترین قوانین طبیعت برای توضیح نحوه ی تشکیل اشعه ی پرانرژی ایکس در اطراف سیاه چاله ها استفاده کند. دقیقا ۱۰۰ سال قبل، سیاه چاله ها از یک کنجکاوی ریاضیاتی به موضوع نظریات فیزیکی تبدیل شدند و سپس تبدیل به تحقیقات اصلی ستاره شناسی شدند. طی سال های آینده ما انتظار داریم بیشتر در مورد تولد، زندگی و مرگ این اجرام منحصر به فرد بیاموزیم.