سلیمان فرهادیان

آنجا چراغی روشن است

تماشای آلبوم مهم‌ترین اجرام آسمان شب

شب‌هنگام که به ستاره‌های آسمان نگاه می‌کنیم، می‌بینیم ستاره‌ها از نظر رنگ تفاوت‌هایی با هم دارند. البته همه ستاره‌ها در اساس با هم یکسان هستند، زیرا همه آنها کره‌های بزرگ گازی هستند که در فاصله بسیار زیاد از ما (تا میلیاردها سال نوری دورتر از ما) می‌درخشند. هرچند این گفته در حالت کلی درست است، اما چندان هم دقیق نیست. در حقیقت، ستارگان نیز مانند همه چیزهای دیگر جهان ما، متنوع هستند و بر اساس ویژگی‌های تعیین‌کننده‌شان، در یکی از طبقه‌بندی‌های مختلف قرار می‌گیرند. در مجموع می‌توان گفت ستارگان بسیار مختلفی وجود دارد؛ از کوتوله‌های قهوه‌ای کوچک تا ابرغول‌های قرمز و آبی. البته انواع ستارگان عجیب‌تر هم وجود دارد، مانند ستاره‌های نوترونی و ستاره‌های ولف رایه. پژوهش بشر درباره جهان ادامه دارد و بشر همچنان به آموختن چیزهای تازه درباره ستارگان ادامه می‌دهد و در نتیجه شیوه فکرکردن بهتر و دانسته‌های ما درمورد ستاره‌ها گسترده‌تر می‌شود. در ادامه با انواع مختلف ستاره‌ها بیشتر آشنا می‌شویم.

پیش‌ستاره: پیش‌ستاره چیزی است که قبل از تشکیل ستاره وجود دارد. پیش‌ستاره مجموعه‌ای از گاز حاصل از فروپاشی یک ابر مولکولی غول‌پیکر است. مرحله پیش‌ستاره تکامل ستاره‌ها حدود صد هزار سال طول می‌کشد. با گذشت زمان، گرانش و فشار افزایش می‌یابد و پیش‌ستاره را مجبور به رمبش می‌کند. همه انرژی آزادشده توسط پیش‌ستاره، تنها از گرمای حاصل از انرژی گرانشی پدید می‌آید، چراکه واکنش‌های هم‌جوشی هسته‌ای هنوز شروع نشده است.

ستاره تی ثوری: ستاره تی ثوری (T Tauri)، مرحله‌ای از شکل‌گیری و تکامل یک ستاره، قبل از تبدیل‌شدن به ستاره رشته اصلی است. این مرحله در پایان مرحله پیش‌ستاره روی می‌دهد، یعنی زمانی که فشار گرانشی که ستاره را در کنار هم نگه می‌دارد، منبع انرژی آن است. ستارگان تی ثوری در هسته خود فشار و دمای کافی برای ایجاد همجوشی هسته‌ای ندارند، اما شبیه ستاره‌های رشته اصلی هستند. دمای آنها با ستاره‌های رشته اصلی تقریبا برابر است، اما درخشان‌ترند، زیرا بزرگ‌تر هستند. ممکن است در مناطق وسیعی از ستاره‌های تی ثوری، لکه‌های خورشیدی وجود داشته باشد، علاوه بر آن، ممکن است ستاره‌های تی ثوری زبانه‌های بزرگی از جنس پرتو ایکس و بادهای ستاره‌ای بسیار قدرتمند داشته باشند. ستارگان حدود صد میلیون سال در مرحله تی ثوری باقی می‌مانند.

ستارگان رشته اصلی: اکثر ستارگان کهکشان ما و حتی ستارگان جهان، ستارگان رشته اصلی هستند. خورشید ما یک ستاره رشته اصلی است، نزدیک‌ترین همسایگان ما، یعنی سیریوس (شباهنگ) و آلفاقنطورس A نیز از ستارگان رشته اصلی هستند. جرم و درخشندگی این ستارگان ممکن است با هم متفاوت باشد، اما کار همه آنها شبیه هم است؛ یعنی تبدیل هیدروژن به هلیوم در هسته و در نتیجه آزادکردن مقدار زیادی انرژی. ستاره‌های رشته اصلی در حالت تعادل هیدرواستاتیکی هستند. گرانش، ستاره را به سمت داخل می‌کشد و فشار انرژی حاصل از واکنش‌های همجوشی در ستاره، آن را به سمت بیرون می‌راند. در ستاره‌های رشته اصلی، نیروهای درونی و بیرونی در تعادل هستند و ستاره شکل کروی خود را حفظ می‌کند. اندازه ستاره‌های رشته اصلی به جرم آنها بستگی دارد که تعیین‌کننده میزان کشش گرانشی است که آنها را به سمت داخل می‌کشد. حد پایین جرم یک ستاره رشته اصلی حدود ۰،۰۸ جرم خورشید یا ۸۰ برابر جرم مشتری است. این کمترین مقدار فشار گرانشی لازم برای انجام همجوشی در هسته ستاره است. در تئوری ممکن است ستاره‌ها از نظر جرمی تا صد برابر خورشید رشد کنند.

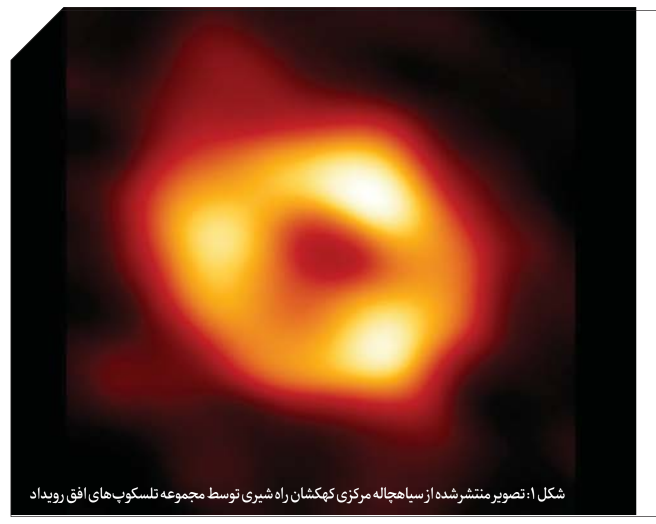
ستاره غول سرخ: وقتی ستاره‌ای ذخیره هیدروژن موجود در هسته را مصرف کند، همجوشی متوقف می‌شود و ستاره دیگر برای مقابله با فشار درونی که آن را به داخل می‌کشد، فشار رو به بیرونی تولید نمی‌کند. در این حالت، پوسته‌ای از هیدروژن در اطراف هسته، به زندگی ستاره ادامه می‌دهد، اما باعث می‌شود اندازه ستاره به طرز چشمگیری افزایش یابد. ستاره سالخورده به یک ستاره غول سرخ تبدیل می‌شود که اندازه‌اش ممکن است صد برابر ستاره رشته اصلی باشد. هنگامی که سوخت هیدروژن مصرف شود، ممکن است هلیوم و حتی عنصرهای سنگین‌تر در واکنش‌های همجوشی مصرف شوند. مرحله غول سرخ زندگی یک ستاره فقط چند صد میلیون سال طول می‌کشد. پس از این مدت، سوخت آن به‌طور کامل تمام و ستاره به یک کوتوله سفید تبدیل می‌شود.

کوتوله سفید: وقتی سوخت هیدروژن یک ستاره تمام می‌شود و دیگر جرم لازم برای وادارکردن عنصرها به شرکت در واکنش همجوشی را ندارد، به یک کوتوله سفید تبدیل می‌شود. در این حالت فشار رو به بیرون (که از واکنش همجوشی حاصل می‌شد) متوقف می‌شود و ستاره تحت تأثیر گرانش خود به سمت داخل فرومی‌ریزد یا رمبش می‌کند. دلیل درخشان‌بودن کوتوله‌های سفید آن است که آنها هم زمانی یک ستاره داغ بودند، اما اکنون دیگر واکنش‌های همجوشی یا گداخت روی نمی‌دهد. اکنون کوتوله سفید کم‌کم سرد می‌شود تا زمانی که به دمای پس‌زمینه کیهان برسد. این فرایند صدها میلیارد سال طول می‌کشد، بنابراین تاکنون هیچ کوتوله سفیدی تا این حد سرد نشده است.

کوتوله سرخ: ستاره‌های کوتوله سرخ فراوان‌ترین نوع ستاره در کیهان هستند. اینها ستارگان در رشته اصلی ستاره‌ها هستند، اما جرم آنها آن‌قدر کم است که از ستارگانی مانند خورشید ما بسیار سردترند. این ستاره‌ها، ویژگی دیگری هم دارند. ممکن است ستارگان کوتوله سرخ هنوز هم سوخت هیدروژن را در هسته خود داشته باشند؛ بنابراین می‌توانند برای مدت طولانی‌تری نسبت به دیگر ستارگان به تولید انرژی از هیدروژن ادامه دهند. ستاره‌شناسان تخمین می‌زنند که برخی از ستاره‌های کوتوله قرمز تا ۱۰ تریلیون سال می‌سوزند. جرم کوچک‌ترین کوتوله‌های قرمز ۰،۰۷۵ جرم خورشید است و بیشترین جرم آنها تا نصف خورشید می‌رسد.

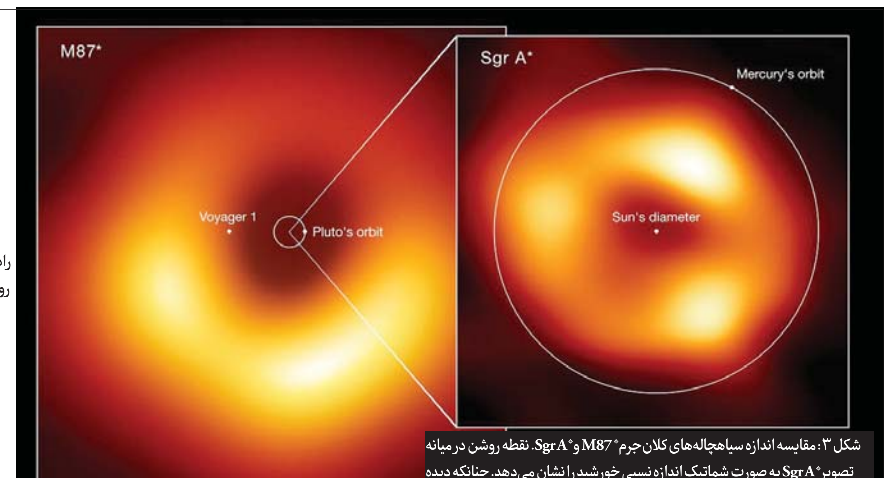
ستاره‌های نوترونی: اگر جرم یک ستاره بین ۱،۳۵ تا ۲،۱ برابر جرم خورشید باشد، وقتی می‌میرد، کوتوله سفید به وجود نمی‌آورد. این ستاره‌ها در یک انفجار شدید ابرنواختری می‌میرند و هسته باقی‌مانده به یک ستاره نوترونی تبدیل می‌شود. همان‌طور که از نام این ستاره هم مشخص است، ستاره نوترونی، ستاره عجیبی است که تماما از نوترون تشکیل شده است. دلیلش هم آن است که گرانش شدید ستاره نوترونی، پروتون‌ها و الکترون‌ها را در هم می‌شکند و باعث می‌شود نوترون پدید آید. اگر جرم ستارگان از این هم بیشتر باشد، پس از انفجار ابرنواختری، به جای تبدیل به ستاره‌های نوترونی، به سیاهچاله تبدیل می‌شوند.

ستاره‌های ابرغول‌پیکر: ستارگان ابرغول، بزرگ‌ترین ستاره‌های جهان هستند. جرم این ابرغول‌ها، ده‌ها برابر جرم خورشید است. ابرغول‌ها برخلاف ستاره‌های نسبتا پایدار مانند خورشید، سوخت هیدروژنی را با سرعت بسیار زیادی مصرف می‌کنند و فقط طی چند میلیون سال، تمام سوخت موجود در هسته را به پایان می‌رسانند. زندگی ستاره‌های غول‌پیکر به سرعت به پایان می‌رسد و در جوانی می‌میرند و در نهایت هم منفجر می‌شوند و ابرنواختر پدید می‌آورند. در این فرایند، خود ستاره، کاملا متلاشی و نابود می‌شود. همان‌طورکه می‌بینید، اندازه، رنگ و انواع ستاره‌ها، بسیار متفاوت است. دانستن دلیل این موضوع و درک مراحل مختلف زندگی این ستاره‌ها، برای فهم بیشتر ما از جهان مهم است.



شکل ۱: تصویر منتشرشده از سیاهچاله مرکزی کهکشان راه شیری توسط مجموعه تلسکوپ‌های افق رویداد

شکل ۲: محل مجموعه رادیوتلسکوپ‌های افق رویداد در نقاط مختلف کره زمین



شکل ۳: مقایسه اندازه سیاهچاله‌های کلان‌جرم *M87 و *Sgr A. نقطه روشن در میانه تصویر *Sgr A به صورت شماتیک اندازه نسبی خورشید را نشان می‌دهد. چنانکه دیده می‌شود قطر *Sgr A در این تصویر نزدیک به قطر مدار عطارد است.

هیولای سیاه راه شیری

مختصری از جزئیات علمی انتشار نخستین تصویر از سیاهچاله مرکز کهکشان ما

سینا فلاح‌زاده راسته‌کناری

در دوازدهم ماه می ۲۰۲۲، اخترشناسان گروه تلسکوپ افق رویداد (EHT) نخستین تصویر (شکل شماره ۱) از سیاهچاله کلان‌جرم (supermassive black hole یا به اختصار SMBH) مرکز کهکشان راه شیری موسوم به کمان ای* یا *Sagittarius A را (که در منابع علمی به اختصار *Sgr A نیز نامیده می‌شود) منتشر کردند. گروه تلسکوپ افق رویداد مجموعه‌ای شامل بیش از ۳۰۰ دانشمند از اقصی نقاط جهان است که سال‌هاست روی نتایج حاصل از آرایه‌ای از رادیوتلسکوپ‌ها با همین نام کار می‌کنند. این آرایه از رادیوتلسکوپ‌ها شامل هشت تلسکوپ است که در شش نقطه از جهان قرار دارند و امواج رادیویی ساطع‌شده از اجرام آسمانی دریافت می‌کنند (شکل شماره ۲). نام تلسکوپ افق رویداد با انتشار تاریخ‌ساز تصاویر مربوط به سیاهچاله کلان‌جرم *M87 در دهم آوریل ۲۰۱۹ که نخستین تصویر از یک سیاهچاله بود، بر سر زبان‌ها افتاد. این خبر از جهات متعددی برای جامعه علمی و علاقه‌مندان به علم و به‌خصوص دستاوردهای علمی در حوزه اخترفیزیک و کیهان‌شناسی حائز اهمیت است. نخستین و شاید مهم‌ترین نتیجه این تصاویر و تصاویر مشابه آن، فراهم‌شدن تأییدات بسیار قوی برای نظریه نسبیت عام اینشتین است که در سال ۱۹۱۶ منتشر شد و یکی از بزرگ‌ترین دستاوردهای فیزیک نوین در قرن بیستم به شمار می‌رود. البته مشاهدات مربوط به این سیاهچاله در ماه آوریل سال ۲۰۱۷ انجام شده بود، اما نتایج مربوط به آن در تاریخ ۱۲ می ۲۰۲۲ برای اولین‌بار در قالب شش مقاله منتشر شد که شامل جزئیات تمام مشاهدات و مدل‌سازی‌ها و تحلیل‌های مربوطه هستند. پیش از اینکه در مورد ویژگی‌های سیاهچاله *Sgr A و مقایسه آن با سیاهچاله *M87 سخن بگوییم، مناسب است مختصری درباره سیاهچاله‌ها و تاریخچه شناخت ما از آنان ارائه کنیم.

یک راکت برای اینکه بتواند از جاذبه زمین فرار کند باید به سرعت مشخصی که بستگی به جرم زمین و فاصله راکت از مرکز جرم سیاره دارد، دست پیدا کند. این سرعت فرار از سطح کره زمین برابر با ۱۱،۲ کیلومتر بر ثانیه است و برای خورشید ۶۱۷،۴ کیلومتر بر ثانیه. با درنظرداشتن این نکته، یک سیاهچاله ناحیه‌ای از فضاست که در آن نیروی گرانش چنان قوی است که هیچ چیز، حتی نور نمی‌تواند به سرعت کافی برای فرار از قسمت داخلی آن دست پیدا کند. اگرچه سیاهچاله‌ها نخستین‌بار تنها در تصورات فیزیک‌دانان نظری پا به عرصه گذاشتند، امروزه شواهد قطعی بسیاری درباره آنها داریم و تحقیق و پژوهش درباره آنها بخش مهمی از کیهان‌شناسی معاصر به حساب می‌آید. اگرچه خود سیاهچاله‌ها قابل رؤیت نیستند، اندرکنش آنها با فضای اطرافشان و همچنین تأثیراتی که روی اجرام آسمانی اطرافشان اعم از ستارگان و گازها و غبارها می‌گذارند، به نحو بارزی قابل آشکارسازی است. نخستین بنیادهای ریاضی مربوط به دیدگاه مدرن درباره سیاهچاله‌ها در سال ۱۹۱۵ و در کارهای فیزیک‌دان آلمانی «کارل شوارتزشیلد» گذاشته شدند که معادلات میدان مربوط به نسبیت عام اینشتین را برای یک جرم منزوی بدون چرخش در فضا حل کرد. نسبیت عام اینشتین یک نظریه در مورد انحنای فضازمان در اطراف اجرام است که گرانش را به هندسه فضا-زمان مرتبط می‌کند. بنا بر این نظریه هرچه میزان جرم در ناحیه‌ای از فضا-زمان بیشتر باشد میزان خمیدگی فضا زمان بیشتر خواهد بود. در فضای خمیده اطراف اجرام آسمانی، نور به خط مستقیم سیر نمی‌کند؛ درواقع از آنجا که این نظریه از هندسه نااقلیدسی برای توصیف فضا استفاده می‌کند خط سیر مستقیم در این نظریه از لحاظ درک عادی ما خمیده است. در این نظریه، ماده به فضا-زمان خمیدگی و نحوه و میزان آن را می‌دهد و فضا-زمان خمیده به نور و ماده مسیر حرکت.

حال اگر با اجرام بسیار بسیار بزرگ که در ناحیه‌ای بسیار کوچک جا گرفته‌اند طرف باشیم، خمیدگی فضا-زمان چنان زیاد خواهد بود که فیزیک‌دانان برای توصیف آن از مفهوم تکینگی (singularity) استفاده می‌کنند. چیزی نزدیک به این حالت (و نه دقیقا خود آن) در سیاهچاله‌ها رخ می‌دهد. هر سیاهچاله توسط کره‌ای احاطه شده است که افق رویداد آن نامیده می‌شود. شعاع این افق رویداد از فرمول شوارتزشیلد به دست می‌آید و برابر با فاصله‌ای از مرکز سیاهچاله است که از آنجا سرعت فرار از گرانش سیاهچاله برابر با سرعت نور باشد. این افق رویداد درواقع یک مرز مشخص فیزیکی مانند سطح سیارات و ستاره‌ها نیست، بلکه یک تعریف ریاضیاتی است. شعاع این کره افق رویداد برای تمام اجرام قابل محاسبه است. برای مثال اگر تمام جرم کره زمین در یک نقطه فشرده شود شعاع افق رویداد آن برابر با ۹ میلی‌متر خواهد بود، درحالی‌که اگر این شعاع را برای خورشید محاسبه کنیم به عددی حدود سه کیلومتر می‌رسیم. از آنجا که هیچ چیز نمی‌تواند با سرعتی بیشتر از سرعت نور حرکت کند، هرچه در داخل افق رویداد یک سیاهچاله است تا ابد داخل آن باقی خواهد ماند. به دلیل وجود همین افق رویداد هیچ‌گونه اطلاعاتی نمی‌تواند از داخل سیاهچاله‌ها به بیرون درز کند؛ چراکه اطلاعات باید توسط متحرکی مثل نور از جایی به جای دیگر برود و هیچ‌چیز از سیاهچاله بیرون نمی‌آید تا در مورد محتویات داخل آن چیزی را برای ما آشکار کند. به همین دلیل در مورد سیاهچاله‌ها (به غیر از فاصله‌ای که با ما دارند و کهکشان میزبان‌شان) تنها دو خاصیت قابل گزارش دیگر وجود دارد که عبارت‌اند از جرم و اسپین (که مربوط به سرعت چرخش سیاهچاله به دور خود است). بنابراین سیاهچاله‌ها به هر روشی که ایجاد بشوند در همه‌چیز شبیه به هم هستند مگر در جرم و اسپین. سیاهچاله‌های چرخنده (دارای اسپین) اشیا را نه فقط مستقیما به سمت مرکز بلکه حول محور چرخش خود می‌کشند. معادلات میدان مربوط به سیاهچاله‌های دارای اسپین ۵۰ سال بعد از ارائه نظریه نسبیت در سال ۱۹۶۵ توسط «روی کر» دانشمند نیوزیلندی حل شدند. به‌طور کلی تفاوتی که میان سیاهچاله‌های دارای چرخش (کر) و سیاهچاله‌های بدون چرخش (شوارتزشیلد) وجود دارد این است که این‌گونه سیاهچاله‌ها چاه پتانسیل گرانشی قوی‌تری دارند و هرچه میزان اسپین بیشتر باشد سیاهچاله نسبت به سیاهچاله‌های دارای جرم مشابه بدون چرخش، منبع انرژی قوی‌تری خواهد بود. بنابراین رفتار سیاهچاله‌های شوارتزشیلد تنها وابسته به میزان جرم آنهاست، اما رفتار سیاهچاله‌های کِر علاوه بر جرم به سرعت چرخش آنها نیز وابستگی دارد. اما خود این سرعت چرخش سیاهچاله‌ها نمی‌تواند تا بی‌نهایت بالا برود و یک حد نهایی دارد که توسط جرم سیاهچاله مشخص می‌شود؛ هرچه جرم یک سیاهچاله بیشتر باشد حد سرعت چرخش آن نیز بالاتر می‌رود. در اطراف سیاهچاله‌های چرخنده علاوه بر افق رویداد یک ناحیه دیگر هم وجود دارد که ارگوسفر (ergosphere) نامیده می‌شود و شامل بخشی از فضاست که همراه سیاهچاله می‌چرخد. این قسمت از فضای اطراف سیاهچاله از این جهت اهمیت دارد که انرژی می‌تواند از آنجا خارج شود؛ زیرا ماده موجود در آن همراه با فضای در حال چرخش به حرکت درمی‌آید و از سویی مانند ناحیه داخل افق رویداد خروج از این ناحیه غیرممکن نیست. آنچه ما ممکن است از یک سیاهچاله ببینیم در واقع دیسکی شامل گازها، گردوغبار و باقی‌مانده‌های ستاره‌هاست که با سرعت بسیار بالا دور سیاهچاله در حال گردش هستند و به دلیل انرژی بسیار زیاد و برخوردهایی که با هم دارند، به حالت پلاسما درمی‌آیند. در دو تصویری که تاکنون از سیاهچاله‌ها منتشر شده‌اند، این حلقه اطراف سیاهچاله به رنگ نارنجی قابل رؤیت است. وجود این محیط سرشار از گردوغبار و گازها و سایر اجرام در اطراف سیاهچاله‌ها باعث می‌شود استفاده از رادیوتلسکوپ‌ها برای رصد آنها معقول‌ترین گزینه باشد؛ زیرا امواج رادیویی برخلاف امواج مرئی بسیار کمتر از گردوغبار و گازهای اطراف اجرام کیهانی متأثر می‌شوند و امروزه تکنولوژی‌های به نسبت خوبی برای بالابردن وضوح تصاویری که از رادیوتلسکوپ‌ها به دست می‌آیند، در اختیار داریم.

انواع سیاهچاله‌ها

بنا بر نظر کیهان‌شناسان، دست‌کم چهار نوع از این هیولاهای وهم‌انگیز تاریک در کیهان قابل تصور است که عبارت‌اند از: سیاهچاله‌های جرم-ستاره‌ای (stellar-mass black hole)، سیاهچاله‌های میانه‌جرم (intermediate-mass black hole)، سیاهچاله‌های کلان‌جرم و (supermassive black hole) و سیاهچاله‌های سرآغازین (primordial black hole). از میان این چهار نوع سیاهچاله، سیاهچاله‌های جرم-ستاره‌ای بهتر از همه شناخته شده‌اند. این سیاهچاله‌ها زمانی به وجود می‌آیند که ستاره‌های سنگین به انتهای عمر خود می‌رسند و طی یک فرایند فروپاشی به درون خود منفجر می‌شوند. فعل انگلیسی مورد استفاده برای این فروپاشی فعل implode است که معادل دقیق فارسی ندارد، ولی به‌طور تقریبی معادل انقباض ناگهانی به ابعاد بسیار کوچک است. اگر ستاره در حال فروپاشی بین هشت الی ۲۰ برابر جرم خورشید ما را داشته باشد تبدیل به یک سیاهچاله نخواهد شد و به جای آن ماده تشکیل‌دهنده آن طی یک فعل و انفعال نسبتا ناگهانی منفجر شده و تشکیل یک اَبَرنواختر (supernova) می‌دهد. اما اگر جرم ستاره بیش از ۲۰ برابر جرم خورشید باشد هسته ستاره به اندازه کافی قوی نخواهد بود که جلوی انقباض را بگیرد و در این حالت تشکیل سیاهچاله حتمی است. بسته به جرم ستاره اولیه سیاهچاله تشکیل شده می‌تواند جرمی معادل صد برابر (یا بیشتر) جرم خورشید داشته باشد. سیاهچاله‌های میان‌جرم چنان‌که از نامشان پیداست، جرمی بین سیاهچاله‌های جرم-ستاره‌ای و سیاهچاله‌های کلان‌جرم دارند. این نوع سیاهچاله‌ها از پدیده‌های نادر کیهان به شمار می‌روند و گفته می‌شود تشکیل آنها بر اثر به‌هم‌پیوستن چند سیاهچاله جرم-ستاره‌ای رخ می‌دهد. چنین به‌هم‌پیوستنی در نقاط بسیار متراکم کهکشان‌ها امری عادی به حساب می‌آید، اما یک روال مستقیم و سریع ندارد. اجرام آسمانی در حین پیوستن به هم به نحوی به دور هم چرخ می‌زنند و بعد از یک رقص دوتایی طولانی روال پیوستن آنها کامل می‌شود. بعد از چند مرحله به‌هم‌پیوستن این اجرام، هیولایی با جرمی معادل صد الی یک میلیون برابر خورشید ما ایجاد می‌شود؛ هرچند حدود بازه جرم سیاهچاله‌های میانه‌جرم هنوز مورد مناقشه محققان است. در دهه‌های اخیر شواهدی مبنی بر وجود چنین سیاهچاله‌هایی یافته شده است. در مورد نحوه تشکیل سیاهچاله‌های کلان‌جرم نظریه‌های متعددی مطرح است. بنا بر یک نظریه، هسته اولیه یک سیاهچاله از جایی در یک کهکشان با «بلعیدن» اجرام دیگر تا حدی بزرگ می‌شود که نهایتا بر اثر سنگینی زیاد به مرکز کهکشان می‌رود. دو سیاهچاله‌ای که تاکنون توسط مجموعه تلسکوپ‌های افق رویداد رصد شده‌اند از نوع اخیر هستند. چهارمین نوع سیاهچاله‌ها سیاهچاله‌های سرآزین هستند که گمان می‌رود در مراحل اولیه تشکیل کیهان پس از انفجار بزرگ به وجود آمده باشند. گمان می‌رود آنها در ثانیه اول پس از انفجار بزرگ و قبل از تشکیل کهکشان‌ها، زمانی که هنوز کیهان ناهمگن بود، به وجود آمدند. بنا بر نظر کیهان‌شناسان، با توجه به زمان تشکیل‌شان این گونه سیاهچاله‌ها می‌توانند تا صدهزار برابر جرم خورشید ما جرم داشته باشند.

سیاهچاله مرکز کهکشان ما

مرکز کهکشان راه شیری پر از ستاره‌ها و سایر اجرام کوچک و بزرگی است که با سرعت و جنب‌وجوش فراوان در حال گردش به دور مراکز مختلف هستند. دانشمندان با دقت بر روی مسیر و سرعت این ستاره‌ها در مرکز کهکشان به بررسی وجود احتمالی سیاهچاله‌های کلان‌جرم در آن ناحیه می‌پردازند. یکی از اتفاقات علمی مهم در رابطه با سیاهچاله مرکز کهکشان راه شیری اعطای جایزه نوبل فیزیک سال ۲۰۲۰ به سه دانشمند در رابطه با کارهایشان در مورد سیاهچاله‌ها بود. یکی از این سه دانشمند «راجر پنروز» است (برنده نیمی از جایزه) که کارهایش در ریاضیات و فیزیک نظری و همچنین نظریه مناقشه‌برانگیزش درباره ارتباط مکانیک کوانتومی و آگاهی در محافل علمی جهانی مشهور است. نیم دیگر جایزه به دو دانشمند دیگر به نام‌های «آندریا گز» و «راینهارد گنتسل» به خاطر کشف و اندازه‌گیری جرم یک مرکز پرقدرت امواج رادیویی در مرکز کهکشان راه شیری (که حالا دقیقا می‌دانیم همان سیاهچاله کلان‌جرم کمان ای* است) اعطا شد. خانم «گز» که چهارمین زن برنده جایزه نوبل هم هست، به مدت نزدیک به سه دهه بر روی حرکت ستاره‌ها در مرکز کهکشان راه شیری کار کرده است. به‌طور خاص استفاده از تکنیک‌های عکس‌برداری دارای وضوح فضایی بالا مانند اپتیک تطبیقی (adaptive optics) در تلسکوپ‌های کک (Keck telescopes) او را قادر کرد تا بر روی حرکت‌شناسی منطقه تشکیل ستاره‌ها در مرکز کهکشان راه شیری مطالعه کند. نتایج مطالعات او کمک مهمی به روال کار گروه علمی دکتر «گنتسل» کرد که بر روی مسائل مشابهی کار می‌کردند. مطالعات این دو دانشمند نشان می‌داد جرمی به اندازه حدود چهار میلیون برابر جرم خورشید در ناحیه مورد بررسی از صورت فلکی کمان وجود دارد. اولین توضیحی که برای چیستی چنین جرم بزرگی به ذهن دانشمندان می‌رسید، وجود یک سیاهچاله کلان‌جرم بود. اما حصول اطمینان از درستی این توضیح تا زمان انتشار مقالات گروه دانشمندان افق رویداد در ماه می ۲۰۲۲ به تعویق افتاد. شش مقاله مذکور که پس از پنج سال کار محاسباتی روی نتایج حاصل از رصد رادیویی سیاهچاله *Sgr A منتشر شدند درواقع به صورت قطعی به ما نشان دادند آنچه جرم آن قبلا اندازه‌گیری شده بود، درواقع یک سیاهچاله کلان‌جرم است. بنا بر یافته‌های گروه دانشمندان افق رویداد این سیاهچاله کلان‌جرم که در فاصله حدود ۲۶ هزار سال نوری از زمین قرار دارد، دارای شعاعی حدود ۵۲ میلیون کیلومتر است. محور چرخش این سیاهچاله تقریبا رو به زمین است. در مقام مقایسه می‌توان گفت سیاهچاله کلان‌جرم *M87 با جرمی حدود ۶،۵ میلیارد برابر جرم خورشید حدود ۱۵۰۰ برابر سنگین‌تر از سیاهچاله مرکز کهکشان راه شیری است، اما از آنجایی که این سیاهچاله در فاصله حدود ۵۵ میلیون سال نوری از ما قرار دارد، اندازه ظاهری آن تقریبا شبیه به سیاهچاله *Sgr A است (شکل شماره ۳).

•••

تلاش‌های ما برای مطالعه سیاهچاله‌ها دلایل علمی فراوانی دارد. ازجمله مهم‌ترین این دلایل این است که این هیولاهای رازآمیز درواقع شامل محیط حدی بسیار عجیب و غریب هستند که در هیچ جای دیگر نظیر آن وجود ندارد و بررسی آنها از این جهت کمک فراوانی به فهم رفتار فضا-زمان و ماده در شرایط بسیار حدی می‌کند. از مهم‌ترین پروژه‌های کلان فیزیک معاصر، دستیابی به یک نظریه فراگیر برای یکپارچه‌سازی ساحت‌های مختلف فیزیک اعم از نسبیتی و کوانتومی است. شواهد نظری و مشاهداتی نشان می‌دهند مطالعه سیاهچاله‌ها علاوه بر فراهم‌کردن اطلاعات و بصیرت‌های ارزشمند درباره ساختار کیهان، می‌تواند به دانشمندان در مسیر رسیدن به این نظریه وحدت‌یافته به طرزی چشمگیر یاری برساند. تصویربرداری از سیاهچاله مرکزی کهکشان راه شیری و همین‌طور موفقیتی که در تصویربرداری از سیاهچاله مرکزی کهکشان مسیه ۸۷ حاصل شد در کنار نخستین آشکارسازی امواج گرانشی در رصدخانه امواج گرانشی (LIGO) که برای نخستین‌بار در سال ۲۰۱۶ گزارش شد، جدا از ارزش علمی و پژوهشی بی‌نظیرشان، مجموعا سه موفقیت بسیار بزرگ برای نظریه نسبیت عام اینشتین نیز به حساب می‌آیند؛ زیرا هسته نظری تمام این اکتشافات در فیزیک نسبیتی ریشه دارد که بنیان‌گذارش «اینشتین» است. نکته بسیار مهم دیگر وجه تکنولوژیکی این اکتشافات است. دانشمندانی مثل «اینشتین» و «شواتزشیلد» تنها با استفاده از ذهن نابغه و دانشی که از ریاضیات داشتند، سخن از پدیده‌هایی مثل امواج گرانشی و انحنای فضا-زمان به میان آوردند، اما امروزه بعد از بیش از صد سال، گروه‌های بزرگ دانشمندان و مهندسان از ده‌ها کشور با توجه به پیشرفت تکنولوژی‌های مختلف قادرند آن پدیده‌ها را آشکارسازی و گاهی مشاهده کنند. این نکته بار دیگر نشان می‌دهد علم و تکنولوژی در دوران ما در واقع یک پدیده واحد هستند که توسط برخی از فیلسوفان تکنوساینس نامیده می‌شود.

از سیاهچاله تا زمین

نقش سیاهچاله مرکز کهکشان راه شیری بر سرگذشت سیاره زمین

رضا ماه‌منظر

با انتشار نخستین تصویر از غول نامرئی هسته کهکشان راه شیری در رسانه‌ها و برملا شدن رازهایی از این موجود عجیب که در فاصله حدود ۲۶ هزار سال نوری از ما قرار دارد، سؤال‌هایی در ذهن علاقه‌مندان به سیاهچاله‌ها شکل گرفته که البته پاسخ بیشتر آنها در میان کتب و مقالات اخترفیزیکی به چشم می‌خورد. مسیر حرکت منظومه شمسی یا بهتر بگویم مدار خورشید در این اقیانوس پرستاره و مملو از گاز غبار، چگونه به رفتار سیاهچاله مرکزی راه شیری گره خورده است؟ هرچند فاصله ۲۶ هزار سال نوری، چند برابر تاریخ تمدن بشری است و نگاه به سیاهچاله مرکزی کهکشان مانند خواندن روزنامه‌ای است که در شهر پکن در کشور چین است و ما سعی داریم آن را از تهران مطالعه کنیم! اما در دنیای کهکشان راه شیری، همه‌چیز می‌تواند به هم مربوط باشد؛ حتی رقص سیاهچاله هسته کهکشان و ستارگان اطرافش بر داستان زندگی در سیاره زمین.

۱ شاید این جمله دور از ذهن باشد که هر آنچه از کهکشان می‌بینیم و می‌دانیم، حدود ۲۰ درصد از ماهیت واقعی آن است. دنیای قابل دید که شامل عناصر شناخته‌شده و انرژی‌های چهارگانه (الکترومغناطیس، انرژی قوی و ضعیف هسته‌ای و گرانش) است، در حدود یک‌پنجم جرم کهکشان را تشکیل می‌دهد و تقریبا ۸۰ درصد این غول بزرگ کیهانی از ماده‌ای مرموز با نام ماده تاریک (تاریک به معنای ناپیدا و غیرقابل تشخیص) تشکیل شده است. این ماده ناپیدا نقش بسیار مهمی در استخوان‌بندی کهکشان راه شیری و در ادامه، مدار خورشید دارد. شاید در ظاهر حضور یا عدم حضور یک ستاره در فاصله چند هزار سال نوری، بی‌اهمیت به نظر برسد، اما از ترکیب ماده تاریک و ساختارهای درون کهکشان و با اضافه کردن چاشنی زمان، شاهد پیدایش نوع خاصی از کهکشان‌های مشابه با راه شیری هستیم که اجزای آن با یکدیگر در اتباط هستند. به نظر می‌رسد کهکشان‌های مارپیچی دارای مناسب‌ترین ساختار برای پشتیبانی از منظومه‌های مستعد حیات است (و در ادامه به آنها خواهیم پرداخت)، ماه عسل برهمکنش همه اجزای کهکشان است.

۲ شاید تصاویر زیادی را به صورت نمادین از کهکشان راه شیری دیده باشید. یک دایره یا بیضی در مرکز و دو یا چند ساختار کمانی‌شکل که از درون آن به بیرون حرکت کرده و مارپیچ‌گونه گسترده شده‌اند. این ساختار برگرفته از نوع خاصی از کهکشان‌ها با نام کهکشان‌های مارپیچی است که دهه‌های اخیر شناخت حدودی از آنها صورت گرفته است. کهکشان آندرومدا که در همسایگی راه شیری قرار دارد و بسیاری از کهکشان‌های عالم نیز از این نوع هستند و در اصطلاح به آنها «کهکشان‌های مارپیچی» گفته می‌شود.

این دسته از کهکشان‌ها بسیار مورد علاقه اخترزیست‌شناسان هستند و بسیاری، آنها را مستعدترین نوع کهکشان برای پیدایش حیات می‌دانند که البته پیشینه بسیار جذابی نیز دارند. به نظر می‌رسد پیدایش آنها به صدها میلیون سال اولیه عالم بازمی‌گردد؛ زمانی که در کیهان ستارگان غول‌پیکر نخستین از بین می‌رفتند و در انتهای عمر خود اولین سیاهچاله‌های عالم را تشکیل می‌دادند. جهان نخستین، بسیار متراکم و داغ بود و پس از تشکیل اولین سیاهچاله‌ها در صدها میلیون سال نخست عالم، توده‌های عظیمی از گاز و غبار و البته ماده تاریک پیرامون‌شان تجمع یافته و مبدل به هسته‌های کهکشانی شدند. این نوع از کهکشان‌ها هرگز برخورد جدی و شدیدی با کهکشان‌های دیگر نداشته‌اند و پس از تشکیل‌شان، تنها خوشه‌های ستاره‌ای یا کهکشان‌های کوتوله پیرامون‌شان را در مدار خود به دام انداختند، اما با آنها برخورد نمی‌کردند. به عبارت دیگر کهکشان مارپیچی در قلب خود میراثی از روزهای نخستین عالم دارد. گردشی یکنواخت و تأثیرات ماده تاریک، ساختار زیبا و در عین حال پررمزوراز بازوها را شکل می‌دهند. درصد بالایی از ستارگان در عین حال که حرکت بی‌نظم و کاتوره‌ای دارند، اما در شعاع ده‌ها هزار سال نوری، حالت صفحه‌ای‌شکلی به خود می‌گیرند. دیگر کهکشان‌هایی که از نوع بیضی‌شکل (تخم‌مرغی‌شکل) یا نامنظم هستند، گذشته پرفرازونشیبی داشته‌اند. در این دو نوع کهکشان شاهد برخورد و تصادم‌هایی در گذشته آنها هستیم. ساختار این دسته کهکشان، دیسکی‌شکل نیست و از همه مهم‌تر، حرکات ستارگان می‌تواند در هر جهتی باشد. سیاهچاله‌های مرکزی آنها بسیار بزرگ‌تر و پرجرم‌تر از راه شیری است و گاهی مجموعه‌ای از چند ابرسیاهچاله پرجرم هستند. به این معنا که ستارگان دائما نسبت به یکدیگر دور و نزدیک می‌شوند. گاهی این نزدیکی به قدری شدید است که می‌تواند بر مدار سیاراتی که به دور این ستارگان می‌گردند، تأثیرگذار باشند. به بیان دیگر ممکن است سیاراتی در میان ستارگان دادوستد شوند! این موضوع به‌هیچ‌وجه برای پیداش حیات مطلوب نیست. به نظر می‌رسد کهکشان‌های غول‌پیکری همچون M87 که در سال ۲۰۱۹ اولین تصویر از سیاهچاله مرکزی آنها ثبت شد (درواقع نخستین تصویر از سیاهچاله نیز به شمار می‌رود)، مورد نامطلوبی از کهکشان‌ها برای جست‌وجوی حیات باشند. بنابراین سیاهچاله مرکزی کهکشان راه شیری آنقدر پرجرم نبوده که تا امروز مسبب تصادم‌های بزرگ کیهانی با دیگر کهکشان‌ها شود. هرچند این دوران خوش در میلیاردها سال آینده به پایان می‌رسد و راه شیری حدود هفت میلیارد سال آینده با کهکشان همسایه خود، آندرومدا برخورد خواهد کرد. در این برخورد که ممکن است میلیاردها سال به طول انجامد، برخی از ستارگان و توده‌های گاز غبار فشرده و متراکم می‌شوند. اما بیشتر ساختار دو کهکشان دستخوش تغییرات جدی شده و بازوهای آن از میان می‌روند تا درنهایت پس از زمان نسبتا طولانی، کهکشان بزرگتر و جدیدی را شکل دهند. کهکشانی به وجود خواهد آمد که محیط خطرناکی دارد و ستارگان در مدارهای ناهمگون گردش می‌کنند و در مدار سیارات یکدیگر اختلال ایجاد می‌کنند. این آینده هرچند ترسناک و غیرقابل تصور است، اما پس از مرگ خورشید روی خواهد داد و تا آن زمان فرصت زیادی باقی است.

۳ هم‌اکنون در کهکشان خودمان که مدار ستارگان متأثر از ساختار سیاهچاله مرکزی و ماده تاریک است، شاهد پیکره باشکوهی از جنس گاز و غبار و ستاره‌های رنگارنگ هستیم. کهکشان ما امن بوده و هست. این امنیت به خاطر ساختار مارپیچی آن است. برخلاف تصور عموم مردم، بازوها در کهکشان‌های مارپیچی، جریان‌های گردابی‌شکل از ستارگان نیستند که به هسته منتهی شده باشند. هسته کهکشان و سیاهچاله مرکزی نیز مثل یک فرفره باعث گردش آنها نشده‌اند. همه چیز در یک نظم زنجیروار به یکدیگر مرتبط و باثبات است. جالب‌تر اینکه حجم ستارگان و گاز و غبار در بازوهای کهکشان تنها پنج درصد بیشتر از مناطق کم‌نورتر بین بازوهاست. پس تفاوت این حجم از درخشش در لایه‌های مختلف کهکشان چیست؟ اگر کهکشان مارپیچی تقریبا همگن است، چرا ما شاهد ساختارهای مارپیچی درخشان‌تری در بخش‌هایی از آن هستیم؟ پاسخ در محدودیت سرعت تأثیرگذاری نیروی گرانش است. با پیدایش کهکشان و پیش از آنکه ماده تاریک مانند امروز در استخوان‌بندی کهکشان جا خوش کند، همه قسمت‌ها به صورت هماهنگ شروع به دوران نکردند. گازها در هسته فشرده و متراکم می‌شدند. تراکم بیشتر چگالی هسته را افزایش می‌داد و نتیجه آن افزایش سرعت چرخش ستارگان اطراف هسته بود. افزایش سرعت گردش ستارگان به صورت ناگهانی در پهنه کهکشان نمود پیدا نمی‌کند. لایه به لایه در شعاع ۵۰ هزار سال نوری گسترده می‌شود تا بالاخره پس از ده‌ها هزار سال به لبه کهکشان برسد و هسته کهکشان نیز به ثبات برسد و سرعت حرکت اجزای دیسک کهکشان در قسمت‌های دورتری همچون جایی که ما هستیم نیز یکنواخت شود. این شرایط تنها در روزهای اولیه کهکشان به چشم می‌خورده و ترافیکی از مواد را در دیسک به وجود می‌آورد. زمانی که از واژه ترافیک استفاده می‌کنیم، درحقیقت صحبت از گازهای فشرده‌شده و پیداش توده‌های ستاره‌ای است. این میزان بی‌نظمی جزئی، جرقه‌های تشکیل ستارگان جدید و داغ بیشتری در بخش‌های خاصی از کهکشان را داده است که آنها را بازوهای کهکشان می‌نامیم. آرام‌آرام ماده تاریک نیز که چگونگی عملکرد آن هنوز به درستی برای دانشمندان روشن نیست، افسار نیروی گرانش سیاهچاله مرکزی کهکشان را به دست می‌گیرد. اگر کهکشان را به یک خوردو تشبیه کنیم، سیاهچاله موتور آن است و ماده تاریک مثل شاسی خودرو عمل می‌کند. بی‌نظمی‌ها و ترافیک مواد در روزهای اولیه کهکشان راه شیری در کنار نقش ماده تاریک، مارپیچ‌های زیبای امروزی آن را شکل داده است. پس می‌توان با رصد یک کهکشان و پی‌بردن به ساختار مارپیچی آن، دریافت که امروزه ستارگان در وضعیت ایمنی به دور یکدیگر گردش می‌کنند. اما این تمام داستان نیست. خورشید اگر در مناطق نزدیک به هسته یا در لبه کهکشان می‌بود، ما امروزه نیز می‌توانستیم در سطح زمین میزبان حیات باشیم؟ مطمئنا نه! امکان وجود حیات در سطح سیارات یک منظومه (که در اصطلاح شرایط زیست‌پذیری نامیده می‌شود) ارتباط مستقیمی با مکان قرارگیری و چگونگی پیدایش آن ستاره دارد. تمامی مناطق کهکشان راه‌شیری برای پشتیبانی از حیات مناسب نیستند. مناطق مرکزی هسته کهکشان جای خطرناکی هستند. این خطر از جانب سیاهچاله مرکز آن نیست. چرا تنها در فاصله بسیار نزدیک ۷۰ میلیون کیلومتری از آن، احتمال سقوط در داخل سیاهچاله وجود دارد. چیزی شبیه به فاصله عطارد از خورشید. پس هر آنچه پیرامون هسته کهکشان قرار دارد، در مداری به دور آن گردش می‌کند. در حقیقت هسته کهکشان و برجستگی مرکز دیسک کهکشان مملو از ستارگانی است که تشعشات پرانرژی تولید می‌کنند و منجر به تجزیه مولکول‌های زیستی به‌وجودآمده در سطح سیارات یا در داخل سحابی‌های غنی از کربن می‌شوند. از دیگر سو، فاصله نسبتا نزدیک ستارگان با یکدیگر نیز موجب تداخل گرانش آنها با یکدیگر شده که نتیجه آن خارج‌شدن سیارک‌ها و دنباله‌دارهای بسیاری از مدارشان است و می‌توانند با سیارات پیرامون‌شان تصادم کنند. به بیان دیگر، هسته کهکشان مشابه با وضعیت ستارگان در کهکشان بیضوی همچون M87 است. می‌توان کهکشان راه شیری را به اقیانوسی از گاز و غبار به قطر کهکشان ۱۱۰ هزار سال نوری تشبیه کرد که چیزی در حدود ۱۰۰ تا ۴۰۰ میلیارد ستاره در آن شناور هستند و در مناطقی همچون هسته کهکشان یا در خوشه‌های ستاره‌ای، تراکم ستارگان یک میلیون برابر افزایش می‌یابد. خورشید نیز به‌عنوان قطره کوچکی در این اقیانوس قرار دارد، اما با خوش‌شانسی بسیار زیاد، با فاصله‌ای در حدود ۲۶ هزار سال نوری از هسته کهکشان و در منطقه نسبتا خلوتی شکل گرفته است. شاید تصور کنید هرچه یک ستاره از هسته کهکشان خود فاصله داشته باشد، ایمن‌تر است و احتمال وجود سیارات حیات‌مند و منظومه‌های باثبات در آن بیشتر است، اما این نیز تصوری اشتباه است.

۴ جاذبه خوشه‌های ستاره‌ای، غبارها و دیگر اجزای موجود در بازوهای کهکشانی می‌تواند بر پیکر یک سحابی (توده‌های بزرگ گاز و غبار که زایشگاه ستارگان هستند)، طنین‌انداز شود و درنهایت منجر به تراکم ماده در برخی از قسمت‌های آن شود. همچنین امواج ناشی از انفجارهای ابرنواختری که بر اثر مرگ ستارگان غول‌پیکر تا فاصله ده‌ها سال نوری در پیکره کهکشان طنین‌انداز شود، با برخورد به سحابی‌های سرد و تاریک، آنها را متراکم‌تر و حتی گرم‌تر کند. چنین وقایعی غالبا در بخش‌های میانی دیسک کهکشان روی می‌دهد و نه قسمت‌های نزدیک به لبه خارجی آن. پس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تولد و مرگ ستارگان در بخش‌های خارجی کمتر روی می‌دهد و در حقیقت در لبه کهکشان ستاره‌زایی با آهنگ کندتری روی می‌دهد. مهم‌تر از نرخ تولد ستارگان، نسبت ترکیبات موجود در ستارگان و سیارات پیرامون‌شان، تعیین‌کننده شکل‌گیری حیات است. در هسته ستارگان، مجموعه‌ای از واکنش‌های همجوشی هسته‌ای رخ می‌دهد که نهایتا از ترکیب هسته اتم‌های سبک مانند هیدروژن یا هلیم، عناصر سنگین‌تری مانند آهن را به وجود می‌آورد که پس از مرگ این ستارگان عناصر جدید و سنگین‌تر در فضا پراکنده می‌شوند. به بیان ساده در مناطق بیرونی کهکشان، آهنی که در خون و من شما وجود دارد، کربنی که طعم شیرین قند را می‌سازد، اکسیژنی که تنفس می‌کنیم یا کلسیمی که استخوان‌های ما را شکل داده است، بسیار کمیاب است. مرزهای کهکشان مملو از عناصر سبکی همچون هیدروژن و هلیم است. بـه وجود آمدن عناصر حیات‌مند در مرزهای کهکشان به کندی رخ می‌دهد. ابر اولیه‌ای که خورشید و سیارات آن را پدید آورد، به دلیل جایگاه خاصی که در کهکشان داشته، عناصر متنوعی از نسل‌های مختلف ستارگان را در خود جمع‌آوری کرده است و در عین حال، در بخش پرستاره‌ای از کهکشان حضور نداشته تا گرانش دیگر ستارگان موجب تغییراتی در منظومه شمسی ما شود. به همین دلیل پس از شکل‌گیری خورشید و منظومه شمسی، مواد خام تشکیل‌دهنده مولکول‌های زیستی همچون کربن، اکسیژن، نیتروژن، آهن در سطح زمین یافت شدند و زمین نیز میلیاردها سال در مدار مشخص خود بدون تغییر گردش می‌کند. جایگاهی که خورشید در آن شکل‌گرفته (هم از لحاظ تراکم ستاره‌ای و هم از لحاظ تراکم عناصر سبک و سنگین)، برای شکل‌گیری حیات ایدئال است. به این بخش از کهکشان راه شیری در اصلاح «کمربند کهکشانی حیات» می‌گویند.

۵ خورشید و همه ستارگان کهکشان در زیر سایه گرانش سیاهچاله مرکزی، رقص‌کنان در این ساختار بزرگ و باشکوه گردش می‌کنند. همان‌گونه که زمین به دور خورشید گردش می‌کند، خورشید نیز به دور هسته کهکشان در چرخش است. یک دور گردش خورشید به دور هسته کهکشان، ۲۵۰ میلیون سال طول می‌کشد. این در حالی است که از انقراض دایناسورها تنها ۶۵ میلیون سال می‌گذرد و بدان معنا، از آن زمان تا امروز، تنها ۲۰ درصد این مدار را طی کرده‌ایم. اما این چرخش با چرخش سیارات به دور ستاره‌ها بسیار تفاوت دارد. به‌عنوان مثال زمین روی یک مدار گردش می‌کند. جاذبه هیچ یک از سیارات باعث بالا و پایین رفتن زمین در مدارش نمی‌شوند. سیارات دیگر تغییری در مدار زمین ایجاد نمی‌کنند. اما رابطه ستارگان و سیاهچاله هسته کهکشان این‌گونه نیست. خورشید در همان حال که به دور هسته کهکشان در چرخش است، به دلیل جاذبه ستارگان دیگر از روی مدار خود بالا و پایین می‌رود و در اصطلاح حرکت سینوسی از خود نشان می‌دهد. گروه محلی ستارگان پیرامون خورشید به گرد یکدیگر گردش می‌کنند. فرض کنید شما در یک قایق در حال حرکت نشسته‌اید و یک سیب را در دست خود به بالا و پایین پرتاب می‌کنید. شما تنها می‌بینید که سیب اندکی از دست شما ارتفاع گرفته و دوباره به کف دست‌تان بازمی‌گردد، اما ناظری که از ساحل سیب را می‌بیند حرکت دیگری از سیب را در ذهن خود تجسم می‌کند. ترکیب حرکت رو به جلوی قایق و بالا و پایین سیب یک مدار سینوسی را ایجاد می‌کند. خورشید نیز مانند این سیب، در مدار خود بالا و پایین می‌شود و عامل این حرکت عجیب، گرانش ستارگان مجاور آن است. نکته اینجاست که یک بالا و پایین شدن در مدار برای خورشید حدود پنج میلیون سال طول می‌کشد. به نظر می‌رسد که ما هم‌اکنون در بالاترین قسمت این نوسان قرار داریم و از درون دیسک بیشترین فاصله را داریم. شیرجه خورشید به درون دیسک کهکشان ممکن است هزینه‌هایی داشته باشد. تصور کنید در داخلی‌ترین قسمت دیسک کهکشان، گردوغبار بیشتری باشد و این گردوغبار به فضای میان سیارات نفوذ کند. هرچند میزان این غبار ناچیز است، اما اگر فقط یک درصد از نور خورشید را مانع شود، ممکن است شاهد هر تغییر بزرگی در سطح زمین باشیم، همچون عصر یخبندان یا سرمای شدید. گرانش هسته کهکشان و سیاهچاله مرکزی آن بر پیرامون خود تأثیر می‌گذارد و این تأثیر دومینووار به سمت لبه کهکشان حرکت می‌کند. هرچند از زمان بروز یک اتفاق در هسته کهکشان تا دیده‌شدن آن توسط بشر، بیش از ۳۶ هزار سال زمان نیاز است، اما بشر به معنای واقعی کلمه در برابر هر اتفاقی آسیب‌پذیر و ناتوان است. با این حال، کهکشان راه شیری بیشتر از آنکه روی تند و خشن خود را به ساکنان زمینی نشان دهد، حامی آنها بوده و همچون خانه‌ای امن در کیهان پرتلاطم، از منظومه شمسی و ساکنان آن حمایت کرده است.

عبور سیاهچاله‌ها از مرز تخیل

نقش نامرئی ستارگان تاریک بر پرده نقره‌ای سینما

عبدالرضا ناصرمقدسی
متخصص مغز و اعصاب

سیاهچاله‌ها به‌عنوان یکی از پیچیده‌ترین و درعین‌حال مرموزترین اجرام آسمانی همواره مورد توجه بوده‌اند و هر خبری درباره آنها به‌سرعت در صدر اخبار قرار می‌گیرد. خبر مربوط به انتشار عکس سیاهچاله بزرگ مرکز کهکشان راه شیری نیز یکی از مهم‌ترین این اخبار است. اینکه بتوانیم بفهمیم سیاهچاله‌ها چه شکلی هستند، برای همه افراد علاقه‌مند به کیهان‌شناسی بسیار مهم است. حالا به مدد کار بزرگ دانشمندان ما توانسته‌ایم این اجسام گریزان از دیدن را به تصویر بکشیم، اما همان‌طور که بارها در تحلیل فیلم‌های علمی-تخیلی نوشته‌ام، سینما و تخیل بشری فراتر از علم درحال حرکت است و بسیاری از جنبه‌هایی را که علم قادر به ورود به آنها نبوده، بررسی کرده است. بی‌شک اجرام مرموزی مانند سیاهچاله‌ها از این مورد مستثنا نیستند. اما شاید بیش از آنکه تصویر سیاهچاله در این آثار مدنظر باشد، آن چیزی که در ورای آن اتفاق می‌افتد، مورد توجه کارگردانان سینما بوده است. هرچند باید توجه داشت که مثلا «کریستوفر نولان» سعی کرده در فیلمی مانند میان‌ستاره‌ای، دیدی علمی نسبت به سیاهچاله داشته باشد و آن را منطبق بر احکام فیزیک به تصویر بکشد، ولی در نهایت چیزی که امروز به نام سیاهچاله می‌بینیم با چیزی که در این فیلم به نمایش گذاشته شده، متفاوت است. موضوعی که کاملا هم طبیعی است؛ زیرا چنین اجرام گریزان از دیدن باید مورد حدس و گمان‌های زیادی نیز باشند. ما نمی‌دانیم در ورای این سیاهچاله‌ها چیست، آنها به کجا گشوده می‌شوند و چه بلایی بر سر اجرامی می‌آید که درون یک سیاهچاله بلعیده می‌شوند. آیا همان‌طور که «لی اسمولین» در نظریه پیشروانه خود یعنی انتخاب طبیعی کیهانی بیان می‌کند، سیاهچاله‌ها دریچه‌ای به جهان‌های نوزاد محسوب می‌شوند یا نه، سیاهچاله‌ها مانند مسیری به جانب دیگری از کیهان هستند؟ اینها موضوعاتی است که فرصت بسیار مناسبی برای فیلم‌های علمی-تخیلی به وجود می‌آورد. در اینجا نیز به دو تا از فیلم‌های علمی-تخیلی می‌پردازیم که همین موضوع را دستمایه کار خود قرار داده‌اند.

۱- فیلم میان‌ستاره‌ای اولین فیلم مورد بحث ماست. اگر علاقه‌مند به ژانر علمی-تخیلی باشید، حتما این اثر درخشان «کریستوفر نولان» را دیده‌اید. داستان با خانواده‌ای گرفتار در زمین آخرالزمانی آغاز می‌شود. پدر خانواده (کوپر) که الان یک کشاورز است، زمانی خلبان ماهری بوده و به بسیاری از امور مهندسی و پرواز وارد و مطلع است. او و دخترش (مورف) با نشانه‌های غیرمعمولی روبه‌رو می‌شوند. «کوپر» پی می‌برد که این نشانه‌ها بیانگر مختصات یک محل است. وقتی مختصات را دنبال می‌کند، به مکانی مخفی می‌رسد که درواقع همان باقی‌مانده ناسا است. اینجاست که همه‌چیز عوض می‌شود. همه از او می‌خواهند که با سفینه پرواز کرده و به‌دنبال آن سه دانشمند قبلی وارد کرمچاله شود. سرانجام با وجود مخالفت‌های شدید دخترش، کوپر تصمیم می‌گیرد به این سفر برود. او همراه با یک زیست‌شناس به نام «آملیا» و یک دانشمند دیگر از درون کرمچاله رد می‌شوند. در این عبور با آنها -یعنی همان بیگانگانی که این کرمچاله را برای نجات انسان‌ها ساخته‌اند- دیدار می‌کنند. بعد سراغ اولین سیاره می‌روند که جز موج‌های عظیم و نابودی چیز دیگری ندارد. آنها به دلیل قوانین نسبیت و تفاوت زمانی، وقت زیادی ندارند و فقط می‌توانند از دو سیاره باقی‌مانده یکی را انتخاب کنند. حال یک دوراهی به وجود می‌آید؛ آیا باید به تماس رسیده از یک دانشمند بزرگ اعتماد کنند یا عشقی که درون آملیا وجود دارد؟ کسی که آملیا عاشق اوست و بر مبنای عشق می‌گوید که هیچ‌گاه اشتباه نمی‌کند، به سیاره دیگر رفته است. کوپر اما دانشمند بزرگ را انتخاب می‌کند؛ انتخابی که اشتباه است و بهای سنگینی دارد. آنها به‌زحمت از دست دانشمندی که فقط برای نجات خود دست به ارسال پیام از یک سیاره یخی کرده، فرار می‌کنند. حالا فقط یک سیاره باقی می‌ماند و فقط یک نفر می‌تواند راهی آن سیاره شود. اینجا در یکی از زیباترین صحنه‌های فیلم، افق رویداد سیاهچاله به زیباترین شکل تصویر می‌شود. البته باید توجه داشت که در این فیلم مفهوم کرمچاله و سیاهچاله با هم ترکیب شده است. از طرفی آنچه به تصویر کشیده می‌شود، افق رویداد سیاهچاله است و آنچه ساخته شده یک کرمچاله دست‌ساز انسان‌هاست. موضوعی که جزئی از سرشت چنین آثاری محسوب می‌شود و هیچ اشکالی نیز ندارد. کوپر درون کرمچاله می‌افتد و آملیا راهی سیاره می‌شود. در کرمچاله، کوپر با ساختار عجیبی روبه‌رو می‌شود که انگار زمان‌ها را به هم وصل می‌کند. او از درون این ساختار گذشته خود را می‌بیند. اینجاست که متوجه می‌شود آنهایی که این کرمچاله را ساخته‌اند، نه بیگانگان فضایی بلکه آیندگان نوع بشر هستند. انگار انسان با اتصالی زمانی، آینده خود را به گذشته‌اش پیوند داده است. یک‌جور گردونه فضا-زمانی که انسان را به خودش متصل می‌کند. یک تجربه غیرقابل وصف. از سوی دیگر بازگشت از آینده به گذشته، لاجرم ما را به بازخوانی گذشته خود فرامی‌خواند. بازخوانی‌ای که معلوم نیست نتیجه‌ای داشته باشد. درواقع فیلم به ما نمی‌گوید که آینده چه تأثیری می‌تواند بر گذشته داشته باشد. اینکه یک سیاهچاله ما را نه به کیهانی دیگر بلکه به ساحت زمانی دیگری از خودمان وصل کند، موضوع قابل توجهی است. در گرانش بسیار بالای یک سیاهچاله که همه‌چیز را در هم فرومی‌ریزد، شاید ساحت‌های زمانی نیز به هم بخورد و ما را با جنبه‌های پنهان و مستتری از خود روبه‌رو کند؛ موضوعی که در هیچ‌یک از نظریه‌های کیهان‌شناسی نیامده ولی سزاوار توجه است.

۲- فیلم دومی که باز از منظری کاملا متفاوت به موضوع نگریسته، فیلم «افق رویداد» است. «افق رویداد» نام یک سفینه است؛ سفینه‌ای که برای تحقیق راهی ستاره پروکسیما قنطورس شده ولی به شکل رازآمیزی در کنار نپتون ظاهر می‌شود. فیلم هم درست از همین‌جا شروع می‌شود. از جایی که گروهی دیگر از دانشمندان به همراه سازنده سفینه افق رویداد، دکتر «ویلیام ویر»، راهی نپتون می‌شوند تا بفهمند چه بر سر سفینه آمده است. این سفینه حامل یک دستگاه ویژه است؛ دستگاهی که می‌تواند یک سیاهچاله مصنوعی بسازد تا به‌وسیله آن سفینه از یک سوی فضا به سوی دیگری برود. فیلم از این فرضیه نسبیت عام استفاده کرده که اگر وارد یک سیاهچاله شویم و به فرض اینکه گرانش شدید سیاهچاله ما را از بین نبرد، وقتی از سیاهچاله خارج می‌شویم، در سوی دیگری از کیهان هستیم. سیاهچاله می‌تواند مانند یک پل بین دو سوی کیهان عمل کند. اهمیت این سفینه نیز به وجود این دستگاه بوده و نام این سفینه نیز به شکل بسیار هوشمندانه‌ای از همین دستگاه سیاهچاله‌ساز گرفته شده است. درواقع سفینه، افق رویداد این دستگاه است و اگر کسی وارد آن شود، دیگر از مخاطرات دستگاه در امان نخواهد بود. گروه تحقیقاتی پس از طی مشقت‌ها و نیز تحمل مخاطرات بسیار به سفینه افق رویداد می‌رسند، اما هیچ نشانی از حیات در آن دیده نمی‌شود. محققان جدید وارد سفینه شده و درواقع از افق رویداد دستگاه عبور می‌کنند. با ورود به سفینه آنها متوجه می‌شوند که مسافران سفینه به طرز بسیار فجیعی کشته شده‌اند. آنها سفینه را به دنبال کشف علت حادثه جست‌وجو می‌کنند تا اینکه پس از گذشتن از دالانی عجیب به دستگاهی می‌رسند که همان سازنده سیاهچاله است. آنها هیچ حسی نسبت به این موضوع که سیاهچاله می‌تواند آنها را به کجا ببرد، نداشتند. بهتر است کمی در اینجا توقف کنیم و انتظارات خود را از یک سیاهچاله بیان کنیم. سیاهچاله اگرچه یکی از ساختارهای اعجاب‌انگیز طبیعت است اما تماما از قوانین فیزیک تبعیت می‌کند. پس اگر کاری نیز انجام دهد در محدوده قوانین این جهان خواهد بود و این همان نکته‌ای است که فیلم «افق رویداد» از آن عبور می‌کند. یکی از محققان (جاستین) که درحال جست‌وجو داخل سفینه بود، وقتی با دستگاه روبه‌رو می‌شود، از ماده سیاه و سیالی که در برابرش قرار داشت، کنجکاوانه عبور می‌کند. وقتی بازمی‌گردد از شدت ترس و وحشت آنچه در دیگرسوی این سیاهچاله دیده بود، به یک حالت نباتی فرومی‌رود و وقتی از این حالت خارج می‌شود، دست به خودکشی می‌زند. بقیه کارکنان گذشته خود را به شکلی بسیار وحشتناک می‌بینند؛ یکی همسرش را می‌بیند که از دو چشمش خون می‌ریزد و دیگری پسرش را با زخم‌های بسیار روی اندام‌هایش مشاهده می‌کند. انگار قوه ادراک آنها برای عذاب‌شان هزاربرابر شده است. کمی نمی‌گذرد که بیننده احساس می‌کند آنچه شاهد است، وقوع جهنم در داخل سفینه است. سیاهچاله‌ای که دستگاه ساخته آنها را نه به آن‌سوی کیهان بلکه به جهنم با تمام عذاب‌هایش متصل کرده است. آنها حتی به ویدئویی از ساکنان قبلی سفینه دست می‌یابند که نشان می‌دهد روح آنها تا چه اندازه شیطانی شده بود و چگونه همدیگر را دریدند و از بین بردند. از اینجا به بعد بیشتر شاهد کشمکشی ترسناک در سفینه هستیم. کشمکشی که در نهایت با انفجار سفینه و نجات دو نفر از مسافران به پایان می‌رسد. فیلم واقعا ایده خلاقانه‌ای را در خود دارد و سؤال‌های مهمی را نیز مطرح می‌کند؛ آیا دستگاه مسافران را به عالم ماورا وصل کرده یا نه، عالم ماورا یا آنچه در اینجا دوزخ نامیده می‌شود، جایی دیگر در کیهان ماست؟ سیاهچاله می‌تواند شگفت‌انگیزتر از چیزی باشد که ما انتظار داریم، پس باید تخیل‌مان را ادامه دهیم و منتظر هم اخبار جدید علمی و هم آثار جدید سینمایی درباره آن باشیم.