چیست این چرخ بلند ساده بسیار نقش

«جیموزوب» و دامن پُرچین آن

عکس‌های پنج‌گانه «جیموزوب» و انقلاب بزرگ در اخترشناسی

یک عکس طیف‌سنجی به اندازه صدها عکس عمومی ارزش دارد.

حسن فتاحی

این مقاله درباره یکی از مهم‌ترین شاهکارهای مهندسی است که افق دید ما را نسبت به خودمان و کیهان گسترده‌تر کرده است؛ درباره تلسکوپ فضایی جیمز وب. در این مقاله نخست کمی درباره جیمز وب خواهیم گفت. سپس پنج عکس اخترشناسی را که به پنج عکس نخست جیمز وب شهره شده، به زبان ساده اما پُرسوتن بررسی خواهیم کرد. پیش از خواندن این مقاله توجه خوانندگان گرامی را به چند نکته جلب می‌کنم. در این مقاله از منبع‌های برخط بسیاری استفاده شده، اما گفته‌های من صرفاً برداشت شخصی خود من است. سپس از خوانندگان گرامی ریاضی، استادنام کیهان‌شناسی دانشگاه شیراز و بهشتی، گفت‌وگوی «پوریا ناظمی»، روزنامه‌نگار دانشی با «آیرین شهابی»، پژوهشگر یکی از بخش‌های چهارگانه جیموزوب و نیز یکی از درس‌گفتارهای «محسن شادمهری»، اخترفیزیک‌دان دانشگاه تلسکوپ ناگفته نماند نام‌های سازمان فضایی ناسا (با نقطه درست‌ترِ ناسا) و نام‌های تلسکوپ جیموزوب هم بسیار پوپولیمن است و مرجع خوبی برای آموختن. در این مقاله، یادداشت کوتاه؛ بهرام مبشر، استاد کیهان‌شناسی تباهشی یا مشاهده‌ای دانشگاه کالیفرنیا هم کنجانده شده است که از ایشان سپاسگزارم.

بی‌شک شنیده‌اید که درباره برخی چیزها اصطلاح دامن پُرچین را به کار می‌برند. نشانی از زیبایی و پیچیدگی و شکوه؛ برای نمونه می‌گویند دامن پرچین سیلان. یعنی زیبایی و ظرافت گوه سیلان. جیمز وب نیز چنین است. تلسکوپی فضایی که دامنی پُرچین دارد. بیایید کمی درباره این تلسکوپ بدانیم. جیمز وب تلسکوپی از رده تلسکوپ‌های فضایی خارج از حوزه زمین است که چند ماه پیش از یکی از مستعمرات فرانسه با مونشک آریان پنج به فضا پرتاب شد. دلیل اینکه مهندسان و اخترشناسان چنین خطری را پذیرفتند که جیموزوب به دور از آلودگی جوی زمین و به دور از آشفتگی‌های جوی، در فاصله یک‌ونیم میلیون کیلومتری قرار بگیرد، به‌دست‌آوردن عکس‌ها و داده‌های هرچه پرسون از اجرام اخترشناسی است. جیمز وب نزدیناته (تقریبا) شش تُن وزن دارد و در نقطه الـ-۲ قرار دارد. نقاط لاگرانژی دروافع نقاط اکستمم یا بهینه‌ای هستند که از دل معادلات بیرون آمده‌اند. در سامانه زمین-ماه-خورشید-سیاره‌ها پنج نقطه لاگرانژی داریم که جیمز وب در الـ-۲، جایی دور از خورشید و نزدیک زمین قرار دارد. جیمز وب در آن نقطه ایستا نیست، بلکه در مدار تا حدود زیادی دایره‌ای، گرد نقطه الـ-۲ می‌گردد. به زبان ساده‌تر در نقاط لاگرانژی براینه نیروهای گرانشی اجرامی که نام بردم صفر می‌شود. جیمز وب ابزارهای طیف‌سنجی یا طیف‌نگاری یا بیناب‌سنجی و نیز ابزارهای عکس‌برداری دارد. طراحی آینه آن کوه‌های از طراحی یا نام گرُش است؛ یعنی آینه اصلی آن از ۱۸ تکه شش‌ضلعی متقارن با روزنه‌ای در میان آن ۱۸ قطعه با ساختاری بیضی‌گون است. آینه دوم آن هذلولوی و آینه سوم آن کاو و آینه چهارم تخت است. این سامانه نورشناخت با اینیکی صفحه کانونی تختی را درست می‌کند که برای فرآورد عکس‌برداری مناسب است. سه‌آینه‌مانندی آینه دومی را که داشته و جعبه‌ای وجود دارد که ابزارهای بسیار حساس و دقیق آن درون آن جای دارند. ابزارهای چهارگانه جیموز بر عبارت‌اند از: ابزار نوریسی جیموز بر بسیار کوتاه‌تر از چهار طیف‌سنج فروسرخ نزدیک، طیف‌سنج فروسرخ نزدیک و عکس‌بردار فروسرخ نزدیک و طیف‌سنج رداپی طیف. پرتاب جیموز وب تا رسیدن به نقطه الـ-۲ از بیچیدگی بسیاری برخوردار بود. مسیری که جیموز بر از زمین تا نقطه لاگرانژی طی کرد، خط صاف نبود؛ بلکه مداری با خمش‌های مداری بود. از پرتاب تا نقطه الـ-۲ سیصد مرحله باید انجام می‌شد که صد گام آن بسیار حساس بود. یعنی اگر هریک از این صد گام با احتلال روبه‌رو می‌شد، پروژه با ناکامی روبه‌رو بود. جیمز وب چون در فاصله‌ای دور، یک‌ونیم میلیون کیلومتری از زمین است امکان تعمیر آن وجود ندارد پس باید همه‌چیز درست کار کند و این کار بر عهده سامانه‌های هوشمند، خودمختار، خودمشغول و اتاق کنترل است. از دیگر شاهکارهای مهندسی در این تلسکوپ سپر حرارتی است. این سپر برای محافظت از آینه‌ها و ابزارهای تلسکوپ است. چون جیموز وب در طیف با باند فروسرخ کار می‌کند؛ بنابراین منبع‌های بسیار پایینی نیاز است. این سپر سبب می‌شود دمای سوبی که به سمت خورشید است ۸۵ درجه سلسیوس باشد و دمای آینه‌ها و ابزارها منفی ۲۳۳ سلسیوس. اساسا کار در باند فروسرخ به دماهای نزدیک به صفر مطلق نیاز دارد. بگذارید چند نکته دیگر را هم درباره این تلسکوپ بگویم و برویم سر وقت عکس‌های شاهکار آن. در ساخت این تلسکوپ علاوه بر ناسا، سازمان فضایی اروپا و کانادا هم همکاری دارند. در آمریکا که بیشترین سهم را دارد چند کارخانه مهم که در ساخت جنگ‌افزار شاخته شده‌اند، همکاری داشته‌اند. همکاری دوطرفه زیادی دارند. نکته دیگر اینکه بسیاری گفته‌اند آیا ارزش دارد ۱۰ میلیارد دلار صرف کنیم تا کیتی را بهتر بشناسیم. پاسخ بله است. ۱۰ میلیارد دلار برای کشورهای ثروتمند پول اندک است. کافی است این رقم تاجیز را با هزینه‌های نظامی جهان و رقم‌های فساد اقتصادی در این مقایسه کنید. فراموش نکنید در ظاهر ۱۰ میلیارد دلار هزینه شده تا بر خردمندی آدمی افزوده شود، اما از دل فناوری‌های به کار گرفته شده، هم کار و هم ثروت خلق خواهد شد. جیمز وب در دنیای اخترشناسی هدف‌های گوناگونی را هم دنبال می‌کند که در این بخش به کوتاهی نام می‌برم. شناخت سامانه با رازمان خورشیدی خودمان یکی از آنهاست و یافتن و تحلیل پرسون سامانه‌های سیاره‌ای دیگر از دیگر هدف‌ها. به‌دست‌آوردن عکس‌های فرازرگ از کیتی از دیگر هدف‌های مهم جیموز وب است. چگونگی زایش ستارگان و چرخه‌های مرگ آنها از جمله مواردی است که جیموز وب به شکار آن خواهد پرداخت. نخستین ساختارهای کیهان و چگونگی دیستی یا شکل‌گیری آن از اساسی‌ترین و داغ‌ترین موضوعاتی است که جیموز وب رازگشایی خواهد کرد. درنهایت دو جالش بزرگ جهان کیهان‌شناسی و اخترفیزیک یعنی ماده تاریک و انرژی تاریک و نیز زیست‌پذیری کیهان موارد هدف‌گذاری‌شده جیموز وب است. خوب است به این نکته هم اشاره کنم که اگرچه جیموز وب تازه کارش را آغاز کرده؛ اما تلسکوپ‌های پسا-جیموز وب هم در راه هستند. هم در پروژه‌های روی زمین یا تلسکوپ‌های تا در حدود ۴۰ متر و هم در مدارهای جو زمین و هم در مدارهای فراجوی زمین.

سفر به ژرفای آسمان

سفر به ژرفای آسمان نام معناداری است که برای این عکس با نام شناخته‌شده SMAC 0723 شاهکار برگزیده‌اند. درباره این عکس باید به چندین سال پیش بازگردیم. به زمانی که تلسکوپ فضایی هابل از همین ناحیه از آسمان عکس گرفت. آن زمان که تلسکوپ هابل با نورگیری بلندمدت عکس فرازرگ را گرفت، در دنیای اخترشناسی غوغایی به پا شد و حالا جیمز وب عکس دوچندان گرفته است. بیاید از همین ابتدا با واژگان آشنا شویم. نورگیری که گاهی نوردهی هم می‌گویند؛ اما نورگیری پرسون‌تر می‌نماید؛ یعنی اینکه دهانه یا دریچه تلسکوپ باز باشد و مدت‌زمانی طولانی -برای هابل چند هفته و برای جیموز وب نیم‌روز زمینی- به جایی خیره شود. این خیره‌شدن مداوم سبب می‌شود گم‌انرژی‌ترین فوتون‌ها هم شکار شوند و پس از پردازش تصاویر، آنچه حاصل می‌شود عکسی چنین درخشان است. نکته‌ای را بگویم و عیوب کنم. گم‌نوربودن جرمی اخترشناختی حتما به معنای دوردست‌بودن نیست و می‌تواند تابندگی خود جرم کم باشد. اینکه جرم تابندگی اندک دارد یا برای نمونه کهکشانی بسیار در دوردست است و کم‌فروغ دیده می‌شود. تشخیص‌پذیر است. بیاید کمی درباره این عکس ریزبین شویم. در چند جا جرم‌های درخشانی را می‌بینید که چند خط صاف شش‌پر هم دارند. اینها همگی ستاره هستند، آن هم ستارگان نزدیک. اشاره کردم که همین ناحیه را تلسکوپ فضایی هابل هم عکس گرفته است. چه جیزی عکس هابل را از عکس جیموز وب متمایز می‌کند؟ سه چیز. مهم‌ترین‌شان طول موج متفاوتی است که این دو تلسکوپ کار می‌کنند. هابل در باند با طیف مرئی کار می‌کند و جیموز وب برای باند فروسرخ طراحی شده است. بالاتر اشاره هم کردم که زمان نورگیری جیموز وب بسیار کوتاه‌تر از زمان هابل است. به عکس بازگردیم. در این عکس از فن یا سازوکار عدسی گرانشی استفاده شده است. به زبان ساده این روش چنین است که یک جرم منفرد مانند یک ستاره پرجرم یا یک کهکشان منفرد که مجموعه‌ای از ستارگان است یا مجموعه‌ای از کهکشان‌ها که با هم تشکیل یک سامانه کهکشانی را تاه خوشه- را داده‌اند و روی‌همرفته یک میدان گرانشی بسیار قوی ساخته‌اند، در نقش یک عدسی ظاهر می‌شوند؛ اما عدسی گرانشی. عدسی گرانشی سبب می‌شود نور اجرام اخترشناسی پشت آن سامانه گرانشی خمیده شود و مشاهده‌دیر یا نباهش‌پذیر باشد. عدسی گرانشی می‌تواند نور کهکشان‌های کم‌فروغ را به‌راحتی آشکار کند. پیش از آنکه به دیگر جزئیات عکس بپردازیم، اجازه دهید این نکته را بگویم که عکس‌های جیموز بر غالبا با دو نوع دوربین فروسرخ متفاوت با نام‌های مرئی و فروسرخ مرئی و فروسرخ نزدیک گرفته شده‌اند و هریک جزئیاتی ویژه را آشکار می‌کنند. گاهی آنچه در دید عمومی هم پررنگ می‌شود و رسانه‌ای، دروافع ترکیب هر دو عکس است. همان‌طورکه گفتم در مرکز این عکس خوشه کهکشانی پرجرمی دیده می‌شود که نقش عدسی گرانشی را دارد. آن کمان‌هایی که در وسط عکس و بیرامون چند کهکشان دیده می‌شود، اثر عدسی گرانشی است. کاهی عکس یک کهکشان در چند جا دیده می‌شود که باز هم از پیامدهای بیوه‌گری از عدسی گرانشی است. این را هم باداوری کنم که پدیده عدسی گرانشی یکی از پیش‌بینی‌های خویرکننده نسبیت عام اینشتین است. کاری که اخترشناسان انجام می‌دهند، از این قرار است که با روش‌های کامپیوتری تلاش می‌کنند اثر گرانشی را حذف کنند تا عکس واقعی را به دست آورند. این فرآورد در نوشتن چند کلمه و در جهان اخترشناسی کاری پیچیده بود. اگر خوب به این عکس نگاه کنید، کهکشان‌ها را در رنگ‌های متفاوتی می‌بینید. تفاوت رنگی یکی از جیزهایی که آشکار می‌کند، میزان غباری‌بودن کهکشان‌هاست. توجه‌تان را به این نکته جلب می‌کنم که در اخترشناسی «غاز» و «غبار» با هم متفاوت‌اند که از موضوع این نوشته خارج است. در این عکس کهکشان‌های قرمزتر، برغبارتر هستند و کهکشان‌های آبی‌تر، کم‌غبارتر. این تفاوت یکی از خاستگاه‌هایش تمایز مواد موجود و فراوانی آن است و نیز توع زیندگی یا فعالیت کیهشانی. اگر دو ابزار فروسرخ نزدیک و مبانی را با هم ترکیب کنیم، عکسی به دست می‌آید که از روی رنگ‌های آن می‌توان تابع درخشندگی را فهمید و سرگرایی کهکشان‌ها را. تابع درخشندگی از مهم‌ترین ابزارهای نظری اخترشناسان است. یکی از ابزارهای خوب جیموز وب طیف‌سنج فروسرخ نزدیک است که بالاتر اشاره کردم. روی این ابزار تعداد زیادی شکاف در حد میکرومتر وجود دارد و هر شکاف یا دریچه یک طیف خاص را می‌دهد. دروافع هدف این کار طیف‌سنجی از کهکشان‌های دوردست است و باز هم باداوری می‌کنم که یک داده طیف‌سنجی از دده‌ها عدس اخترشناسی بیشتر می‌ارزد. شاید این پرسش پیش آید که کهکشان‌های دوردست یعنی چه؟ در اخترشناسی به کهکشان‌هایی که در نزدیکی کهکشان راه شیری هستند، مثل ابرهای مازلانی یا کهکشان آندرومدا (کاهی اندرومدا هم تلفظ می‌شود) کهکشان‌های خیلی نزدیک و همسایه می‌گویند. ما اینجا از کهکشان‌هایی سخن می‌گوییم که در حد چند میلیارد سال نوری از ما فاصله دارند. از کهکشان‌هایی سخن می‌گوییم که چند صد سال پس از مهبانگ پدیدار شده‌اند و حالا جیمز وب می‌خواهد از آنها طیف‌سنجی کند. شناخت این کهکشان‌های آغازین سبب چیی می‌شود ما از چگونگی شکل‌گیری یا دیسش کهکشان‌ها بیشتر بدانیم. برخلاف تصور، چگونگی پیدایش کهکشان‌ها نه‌تنها مسئله‌ای حل‌شده نیست؛ بلکه پرسش‌های بسیاری بدون پاسخ مانده است. بگذارید خیالتان را راحت کنم. حتی درباره کهکشان خودمان، راه شیری هم نادانسته بسیار است. همین دو دهه پیش بود که یکی از اخترشناسان آمریکایی با ملیت اصالتا ایرانی با نام «فرهاد یوسف‌زاده» توانست ساختارهایی رشته‌مانند را در کهکشان راه شیری کشف کند که تا پیش از آن نمی‌دانستند. جیموزوب بازهم عکس‌های فرازرگ خواهد گرفت و باز هم شگفت‌زده خواهیم شد.

پنج‌تایی استفان

بیایید نگاهی به عکس «پنج‌تایی استفان» بیندازیم. نخست باید تعریف پرسونی از آن داشته باشیم. تعریف ساده و اخترشناختی پنج‌تایی استفان چنین است: مجموعه‌ای از یک گروه کهکشانی با پنج عضو نزدیک به یکدیگر در دوست فلکی یا هماخترت اسب بالدار. هماخترت اسب بالدار را یکاسوس هم می‌نامند. چهار عضو از این مجموعه بسیار به هم شبیه‌اند و انتقال به سرخ یا سرخ‌گرایی آنها نشان می‌دهد از فاصله‌ای یکسان از ما قرار دارند. کهکشان پنجم انتقال به سرخ کمتری دارد و بنابراین به ما نزدیک‌تر است. آن چهار کهکشان نخست در فاصله ۲۹۰ میلیون سال نوری از ما هستند و کهکشان پنجم در فاصله ۴۰ میلیون سال نوری. اما از آن زاویه و منظری که ما می‌بینیم به نظر می‌رسد که هر پنج تا در یک خانواده‌اند. این مسئله درباره ستارگان صورتهای فلکی یا به زبان فارسی دانشی، ستارگان یک هماخترت هم درست است. برای نمونه ما در آسمان بالای سرمان هماخترت جبار یا الیکبردان یا دات‌الکرسی را می‌بینیم و گمان می‌کنیم اینها به راستی به همین شکل در فضا نیز کنار هم و در یک موجمعه‌اند. درحالی‌که چنین نیست. چون ما برآندکی ستارگان در فضای سه‌بعدی را روی صفحه خمیده دوبعدی آسمان می‌بینیم، گمان می‌کنیم اینها از یک خانواده‌اند؛ درحالی‌که در بیشتر موارد هیچ ارتباطی با هم ندارند. به پنج‌تایی استفان بازگردیم. نام «استفان» روی این مجموعه به یاد اخترشناس فرانسوی، «ادوارد استفان» از نباهشگاه یا رصدخانه مارسی فرانسه است که به سال ۱۸۷۷م. این مجموعه را کشف کرد. آن عکس مشهور که در رسانه‌ها نشر یافت حاصل ترکیب دو تصویر با دو ابزار فروسرخ مبانی و نزدیک است. اما اگر به تک‌تک عکس‌های این دو ابزار نگاه کنیم هر یک داده‌های حیرت‌آوری را نشان خواهند داد. از چهار کهکشان که دورتر هستند ساچماهه مرکزی دارند. برخی از کهکشان‌ها همچون راه شیری خودمان ساچماهه مرکزی دارند. نخستین چیزی که در عکس توجه ما را جلب می‌کند رقص کیهانی دو کهکشان است. کویی دو بالیون یا هم در میدان رقص گرد یکدیگر می‌گردند و به هم نزدیک می‌شوند. میان آن دو کهکشان نیروی کشندی وجود دارد که خاستگاه گرانشی دارد. این نیروی کشندی سبب تغییرشکل این دو کهکشان شده است. نکته دیگر جمعیت‌های ستاره‌ای این پنج‌تایی است. با بهتر بگوییم این چهارتایی به اضافه یک. در عکس رنگی و بالیفیت بخش‌های سفید و زرد کم‌رنگ نشان‌دهنده جمعیت‌های ستاره‌ای است. چون جیموزوب در باند فروسرخ به پنج‌تایی استفان نگاه کرده، عکس آن از عکس کلاسیک آن در باند مرئی کاملا متفاوت است. عکس یکی از ابزارهای جیموزوب جند نکته را آشکار می‌کند؛ نخست اینکه آن دو کهکشان رقصنده با هم تبادل گاز دارند. تبادل گاز: آن‌هم گاز با دماهای متفاوت و نیز گازی که در حین فرآوردهای اخترشناسی دمایش و سرعتش تغییر می‌کند، از مهم‌ترین پدیده‌های اخترشناسی است. کهکشان‌های درگیر نیروی کشندی و گرانش یکدیگر با هم تبادل گاز دارند و این فرآورد روی برخی ویژگی‌های کهکشان‌ها از جمله ترکیب شیمیایی و آهنگ ستاره‌زایی و موارد دیگر اثر دارد. این نکته را هم بگویم که تبادل گاز بین هر چهار کهکشان وجود دارد، اما آهنگ انتقال آن متفاوت است. اگر خوب به عکس نگاه کنید کهکشان‌های ریز و درشت دیگری هم خواهید دید. در پنج‌تایی استفان طیف‌سنجی شده است. یکی از عکس‌ها در تارنمای جیموزوب طیف‌سنجی از مرکزیکی از کهکشان‌های این مجموعه است. مرکز کهکشان‌ها چه ساچماهه داشته باشند و چه نداشته باشند، چه همچون راه شیری مارپیچی باشند و چه کهکشان‌های بیضی‌گون، به یک نقطه نسبت داده نمی‌شوند؛ بلکه به یک محدوده یا ناحیه مرکز می‌گویند. در مرکز کهکشان‌ها تراکم ستارگان بالاست و جمعیت‌های ستاره‌ای خاصی وجود دارد. همان‌طورکه اشاره کردم از پنج‌تایی کهکشان‌شاهکار پدید آمده است. نکته چشمگیر دیگر در این عکس امواج ضربه‌ای است. امواج ضربه‌ای نقشی مهم در آغازگری فرآوردهای اخترشناسی دارند که فراتر از سطح این مقاله است. این عکس دو نکته مهم دیگر هم دارد. نخست ستارگان در حال مرگ را نشان می‌دهد که در عکس مشهودند و دیگری بررسی با جزئیات بالای فرگشت کهکشانی است. پیش از آنکه این دو نکته پایانی را بیشتر توضیح دهم ایس را هم بگویم یکسی از ابزارهایی را که جیموزوب دارد و با آن از این پنج‌تایی عکس گرفته شد، شرکت فناوری‌های پیشرفته کلیمب مارتین ساخته است. لاکهید مارتین همان شرکت بزرگ ساخت جنگ‌افزار است که ایرانی‌ها آن را با جنگنده رهگیر برتری هوایی اف ۱۴ می‌شناسند. به آن دو نکته بازگردم. اخترشناسان با دانش نظری بالایی فرگشت ستارگان از بایش تا مرگ را می‌دانند. اما ظرافت‌هایی در جزئیات است که می‌تواند برای نمونه دقت یا پرسوشی برخی شاخص‌ها را اصلاح کند. این کار با دردست‌داشتن همین داده‌های ناهنجی یا مشاهده‌ای ممکن است. درباره فرگشت و اندرکنش کهکشان‌ها به شکل مجزا یا در یک مجموعه هم پنج‌تایی استفان آزمایشگاه بزرگ و پرویمیانی است که ما را به هرچه بهتر فهمیدن اندرکنش‌های کیهانی هدایت خواهد کرد. اجازه دهید آخرین برگ برنده این پنج‌تایی را بگویم. یکی از کهکشان‌ها یک «هسته کهکشانی فعال» دارد. شناخت این هسته کهکشانی که می‌تواند یک ساچماهه مرکزی هم باشد و نیز قرصی از ابرها و گازها و غبارها که گرد آن می‌چرخند، از مسائل مهم پیش‌روی اخترشناسان است که جیموزوب در این پنج‌تایی حل خواهد کرد. باید منتظر عکس‌ها و از آن مهم‌تر طیف‌سنجی‌های کم‌نظیر از جای‌جای این گوهر درخشان کیهان باشیم.

ابروواره حلقه جنوبی

حال می‌خواهم به ابروواره حلقه جنوبی بپردازم. ابتدا بگذارید کمی درباره واژه «ابروواره» توضیح دهم. ابروواره را برابر فارسی Nebula برگزیده‌ام. بیشتر کتاب‌های اخترشناسی و به‌ویژه کتاب‌های قدیمی که چندان توجهی به باسداشت و اهمیت زبان دانشی فارسی نداشته‌اند و ندارند، از واژه سحابی استفاده می‌کنند که نادرست نیست؛ اما فارسی هم نیست. واژه فارسی که به جای سحابی می‌نویسم ابروواره است؛ اما یکی از اخترشناسان نام‌بردار ایرانی واژه «میغ» را هم به کار برده است که بسیار خوب است و امید دارم فراگیر شود. به ابروواره حلقه جنوبی بازگردیم. پیشینیان نام «سحابی سیاره‌نما» را برای چنین ساختارهایی که عکس آن را می‌بینید، برگزیده بودند. این ترکیب گمکاان معروف است و استفاده می‌شود؛ اما درست نیست. ریشه این خطا به دو جیز بازمی‌گردد: نخست یک خطای رصدی یا دیداری است که به ابروواره حلقه جنوبی نگاه می‌کنید. پس اشاره حلقه جنوبی نمایشی در مرکز باشکوه ستاره‌ای از رده خورشید است. قطر این سامانه جیزی در حدود نیم سال نوری است. حال بیایید ببینیم در این عکس جه می‌بینیم. نخستین جیزی که می‌بینیم لایه‌ای است که دورتادور ستاره اصلی یعنی کوتوله سفید را فراگرفته. این نکته را هم بادآور شود که ستاره کوتوله سفید اصلی خودش یک سامانه دوتایی است؛ جیزی که پیش از آن در مرکز در حدود ۵۰۰۰ سال نوری است و در لبه‌ها در حدود ۲۰۰۰ سال نوری. همچنین کهکشان آندرومیدا دو میلیون سال نوری از راه شیری فاصله دارد. به ابروواره حلقه جنوبی بازگردیم. در تارنمای جیموز بر عکس‌هایی با دو ابزار فروسرخ مبانی و فروسرخ نزدیک وجود دارد. از سویی از این ابروواره عکس‌های خوبی در باند مرئی یا طیف دیداری هم داریم. پس می‌توانیم اینها را کنار هم بگذاریم و داده‌های اخترشناسی را دریابیم. آنچه در این عکس می‌بینید، مرگ باشکوه یک ستاره از رده ستارگانی مانند خورشید است. یکی دیگر از جیزهایی که در ابروواره مرگ ستارگان بگویم، بالاتر اشاره کردم که در اثر رمبش ابرهای بزرگ ستاره زاده می‌شود. رمبش فرآوردی است که در اثر جیز ناهمتوازی چگالی می‌شود، بر اثر تکانه زاویه‌ای شروع به جرخیدن دور خودش می‌کند و آرام‌آرام چگالی و دما افزایش می‌یابد. از شعاع اثر کاهیده می‌شود و درنهایت زمانی فرامی‌رسد که در قلب آن ابر که حالا نامش پیش‌ستاره و ستاره است، جرقه نخستین واکنش‌های هسته‌ای زده می‌شود. اینجا لحظه زایش ستاره است. ستارگان جرم‌های متفاوتی دارند و همین تفاوت جرم است که مرگ‌های گوناگونی را رقم می‌زند. جرم ستارگان ماحسابت نظری پرسونی دارد که دریک نمودار بسیار معروف با نام نمودار اچ-آر کمینه و بیشینه آن مشخص است؛ اما به طور کلی می‌توان جند سناریو را در نظر گرفت. ستارگان آنبوجرم که سوخت جهت‌های‌شان را زود مصرف می‌کنند و به آخر خط می‌رسند، مرگی برهیبت دارند. آنها پس از اینکه چندین فرآورد هسته‌ای گداختیی را طی کردند، انفجاری بسیار مهیب با نام انفجار ابرنواختری را تجربه می‌کنند. تمام لایه‌های ستاره با سرعتی شگرف به فضا پرتاب می‌شوند و آنچه در میانه می‌ماند، یک ساچماهه ستاره‌ای است با یک ستاره نوترونی. اگر ستاره از رده ستارگانی مانند خورشید باشد، سرنوشت متفاوتی دارد. ستاره پس از اینکه از رشته اصلی، یعنی جایی از نمودار اچ-آر که در آن یک تعادل موسوم به تعادل هیدروستاتیک یا ترازمندی هیدر-ایستا برقرار است، خارج شد، به سمت غول سرخ شدن می‌رود. ستاره باد می‌کند و دمای لایه‌های خارجی کاهش می‌یابد. سپس ستاره رخداد و دگرگشت‌های فیزیکی اجفاق‌گونه‌ای را تجربه می‌کند که طی آن ستاره رنگ‌های خارجی به بیرون پرتاب می‌شوند و آنچه در مرکز می‌ماند یک ستاره کوتوله سفید است. اگر از این سامانه، یعنی لایه‌های خارجی که به سمت بیرون در حرکت هستند و کوتوله سفید میانی‌اش عکس بگیرید، آنچه می‌بینید همان جیزی است که به ابروواره حلقه جنوبی نگاه می‌کنید. پس اشاره حلقه جنوبی نمایشی در مرگ باشکوه ستاره‌ای از رده خورشید است. قطر این سامانه جیزی در حدود نیم سال نوری است. حال بیایید ببینیم در این عکس جه می‌بینیم. نخستین جیزی که می‌بینیم لایه‌ای است که دورتادور ستاره اصلی یعنی کوتوله سفید را فراگرفته. این نکته را هم بادآور شود که ستاره کوتوله سفید اصلی خودش یک سامانه دوتایی است؛ جیزی که پیش از آن در مرکز در حدود ۵۰۰۰ سال نوری است و در لبه‌ها در حدود ۲۰۰۰ سال نوری. همچنین کهکشان آندرومیدا دو میلیون سال نوری از راه شیری فاصله دارد. به ابروواره حلقه جنوبی بازگردیم. در تارنمای جیموز بر عکس‌هایی با دو ابزار فروسرخ مبانی و فروسرخ نزدیک وجود دارد. از سویی از این ابروواره عکس‌های خوبی در باند مرئی یا طیف دیداری هم داریم. پس می‌توانیم اینها را کنار هم بگذاریم و داده‌های اخترشناسی را دریابیم. آنچه در این عکس می‌بینید، مرگ باشکوه یک ستاره از رده ستارگانی مانند خورشید است. اخترشناسان آنبوجرم که سوخت هسته‌ای