دنیای ستارگان

ناهید یزدان‌فر، دبیر منطقهٔ ۱۱ تهران

چکیده

در کتاب درسی علوم زمین، مفاهیمی در ارتباط با ستارگان در فصل دهم دیده می‌شود که با وجود دنیایی از مطلب پیرامون آن‌ها، هیچ‌گونه توضیحی هرچند اندک برای درک روشنی از آن‌ها ارائه نشده است، مانند عبارت «رشتهٔ اصلی ستارگان» در این مقاله کوشیده‌ایم ضمن معرفی این مفهوم، چرخهٔ زندگی ستارگان بررسی شود.

عبارت رشتهٔ اصلی ستارگان از جمله مفاهیمی است که می‌توان آن را کلید ورود به دنیای ستارگان دانست، زیرا با فهم این موضوع و آشنایی با نمودار «هرتسپرونگ- راسل» درک دنیای ستارگان شکل دیگری به خود می‌گیرد، به‌طوری‌که اطلاعات درهم و پیچیده و متنوع ستارگان با نظم خاصی که گویای روند منظمی در شکل‌گیری آن‌ها از تولد تا تولدی دیگر است، در ذهن به‌خوبی نقش می‌بندد و حظ و بهره‌مندی فرایند یادگیری را صد چندان می‌کند.

در همین ابتدا شاید جالب باشد که بدانید اسامی گوناگونی چون کوتوله سفید، قنطورس، خورشید و... می‌توانند بیانگر مراحل مختلف یک ستاره باشند. یعنی آن‌گونه که ستاره‌شناسان توصیف می‌کنند، دیدن حالات مختلف و انواع گوناگون وضعیت ستاره‌ها از دید ناظر زمینی مانند نگاه کردن ناظری خارج از کرهٔ زمین به انسان‌هایی است که در یک مقطع زمانی در آن زندگی می‌کنند. آن‌ها مادران باردار، نوزادان، کودکان، جوانان، میان‌سالان و پیران را می‌بینند و ما ابرهای مولکولی، ستارگان با طیف‌های آبی تا سرخ، غول‌های سرخ- ابرغول‌ها، ابر نواخترها، کوتولهٔ سفید و سیاه، سیاه‌چاله‌ها- کرم‌چاله‌های فضایی را و شگفت‌انگیزتر اینکه در پس مرگ آن‌ها حیاتی دیگر ظهور می‌کند، همچون ققنوس، پرندهٔ افسانه‌ای، چراکه از خاکسترشان نسل بعدی ستاره‌ها و سیاره‌ها و حتی حیات به‌وجود می‌آید. به این ترتیب، علم به اینکه پروسهٔ تشکیل هر یک از این اجرام در پی دیگری است. مطالعهٔ این بخش از علوم را جذاب‌تر و آسان‌تر می‌سازد.

در این نوشتار سعی بر آن است که داستان شیرین زندگی ستارگان در حد کامل و جامعی بیان و نقاط ابهام دنیای زیبای آن‌ها برطرف شود.

کلیدواژه‌ها: نمودار هرتسپرونگ، راسل، رشتهٔ اصلی ستارگان، ستاره‌های کم‌جرم، ستاره‌های پرجرم، مراحل زندگی ستارگان، مراحل تولد ستارگان

مقدمه

همان‌طور که می‌دانید در کتاب جدید علوم زمین (چاپ ۱۳۹۲) فصل‌های مربوط به نجوم در فصل ۱ کتاب قرار گرفته و بنابراین برخی از اصطلاحات نیاز به توضیح بیشتر دارد که در ادامه به برخی از آن‌ها پرداخته‌ایم.

مراحل تولد ستارگان

حتی درخشان‌ترین ستاره‌ها زندگی خود را پنهان از دید ما در اعمال توده‌های تاریک و عظیم گاز و غبار رقیقی که مادهٔ میان‌ستاره‌ای نام دارد، آغاز می‌کنند. گاز و غباری که مادهٔ میان‌ستاره‌ای را تشکیل می‌دهد آن‌چنان رقیق است که به‌طور میانگین در حجم کوچکی به اندازهٔ یک قوطی کبریت از فضا و حدود ۱۶ اتم هیدروژن و یک ذره غبار وجود دارد. زمانی که ستاره از بین می‌رود، در حرکتی ققنوس‌وار آنچه باقی می‌ماند همین مادهٔ میان‌ستاره‌ای به‌وجود می‌آورد که البته با آنچه ستاره از آن شکل می‌گیرد تفاوت دارد. همین موضوع باعث می‌شود که مادهٔ میان‌ستاره‌ای پیوسته در حال تغییر و تکامل باشد. در کهکشان راه شیری، این مادهٔ میان‌ستاره‌ای ده درصد جرم عادی به‌جز مادهٔ تاریک کهکشان را تشکیل می‌دهد که این مقدار برای به‌وجود آوردن بیست میلیارد ستاره کافی است!

انواع گازهای میان‌ستاره‌ای

- بیشتر گازهای میان‌ستاره‌ای به شکل گازهای گرم‌اند و دمای آن‌ها به بیش از هشت هزار درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد، یعنی داغ‌تر از خورشیدند. در میان این گازها حباب‌های نازک گاز وجود دارد. دمای این حباب‌ها به بیش از یک میلیون درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد که محصول انرژی آزاد شده از ابرنواخترها و گروه ستاره‌های داغ و جوان است.
- برخی نیز ابرهای سردی از اتم‌های هیدروژن‌اند که منحنی شکل و شبیه رشته‌اند هستند و نواحی بیرونی پوستهٔ حباب‌های گازی قدیمی هستند.
- و گروه آخر، ابرهای منقبض شونده‌ای از گاز و غبار چگال و بسیار سرد و تیره‌اند که تحت تأثیر نیروی کنش و گرانش از توده‌های گاز و غبار مادهٔ میان‌ستاره‌ای به‌وجود می‌آیند و ابرهای مولکولی نام دارند که ستاره‌ها از آن‌ها متولد می‌شوند. در ابرهای مولکولی چگال که دما پایین است، اتم‌ها به یکدیگر می‌پیوندند و مولکول‌ها شکل می‌گیرند. حدود صد نوع مولکول در فضا شناسایی شده است که نام ده نوع شناخته‌شده‌تر آن‌ها در پیوست این مقاله ذکر شده است. برخی از این ابرها در پیش‌زمینهٔ نوار درخشان و شبح‌گون راه شیری با چشم غیرمسلح، مانند اشباحی تیره دیده می‌شوند.

پیش‌ستاره و تشکیل ستاره‌ها و سیاره‌ها

با افزایش انقباض، ابر مولکولی گرم‌تر و چگال‌تر می‌شود و به توده‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شود که هر یک از آن‌ها یک پیش‌ستاره را تشکیل می‌دهد. هر پیش‌ستاره از ۹۹ درصد گاز و یک درصد غبار پوشیده شده است که قطری معادل نود کیلومتر دارد و با چرخش به صفحه‌ای تخت تبدیل می‌شود.

روند انقباض پیش‌ستاره تا به آنجا ادامه می‌یابد که فوران‌های عظیمی از گاز و غبار از هر دو سوی قرص بیرون می‌زند. در این حالت امواج رادیویی و فروسرخ ارسال می‌کند که عبور این امواج از میان غبار و ابرهای ضخیم و تیره‌ای که نور مرئی قادر به عبور از آن‌ها نیست، تولد توده‌ای از ستارگان را برای اخترشناسان آشکار می‌سازد.

وقتی روند انقباض به‌گونه‌ای باشد که دما به ده میلیون درجهٔ سانتی‌گراد برسد، انقباض متوقف و واکنش‌های همجوش هسته‌ای بین اتم‌های هیدروژن آغاز و هلیم تولید می‌شود. این عمل تابش نور مرئی را در پی دارد و در واقع، ستارهٔ جدید ظاهر می‌شود. تابش ارسال‌شده از ستارهٔ جدید ابرهای غبار را فشرده می‌کند و دور تازه‌ای از شکل‌گیری ستاره‌ها به راه می‌افتد. همچنین این تابش مرئی ابر مولکولی را روشن و گرم می‌کند که در این حالت به ابر مولکولی، سحابی از نوع نشری بازتابشی گفته می‌شود.

همزمان با شروع واکنش‌های هسته‌ای در پیش‌ستاره ممکن است قرص اطراف آن هم منقبض شود و سیاره‌ها را تشکیل دهد. به همین دلیل به قرص گاز و غباری که پیش‌ستاره را احاطه کرده است، پیش‌سیاره می‌گویند، زیرا دانه‌های غبار موجود در آن متراکم می‌شوند و به هم می‌چسبند و تکه‌های بزرگ‌تری می‌شوند که بعدها سیاره‌های اطراف ستاره را تشکیل می‌دهند. در ضمن، ستاره‌ها تک‌تک متولد نمی‌شوند، بلکه به‌صورت گروهی به دنیا می‌آیند و بعدها به مرور زمان حرکت این مجموعه، ستاره در کهکشان، آن‌ها را از هم می‌پاشد. خورشید نیز در هنگام تولد خود، درون‌گروهی از ستاره‌ها بوده است. مسلماً ستاره‌های یک خوشه از موادی یکسان و در زمانی یکسان شکل گرفته‌اند. وقتی ستاره‌ها را با تلسکوپ بررسی می‌کنند، حدود نیمی از آن‌ها دوتایی یا چندتایی هستند.

نمودار هرتسپرونگ- راسل (H-R)

اخترشناسان برای طبقه‌بندی گونه‌های متفاوت ستاره‌ها نمودار ویژه‌ای به نام نمودار «هرتسپرونگ- راسل» (H-R) رسم می‌کنند که محور افقی آن ردهٔ طیفی و محور عمودی آن درخشندگی (در نور مرئی نسبت به خورشید) است.

طیف نوری یا رنگ

ستاره‌های خنک‌تر نسبت به ستاره‌های داغ‌تر متمایل به نارنجی و قرمز دیده می‌شوند، درست مانند سوزنی که روی اجاق گرم کنیم. هرچه جسم داغ‌تر باشد آبی‌تر و هرچه سردتر باشد سرخ‌تر می‌درخشد.

براساس این نمودار، ستاره‌ها در هفت ردهٔ طیفی قرار می‌گیرند (O-B-A-F-G-K-M)

ردهٔ O با طیف آبی، به‌عنوان داغ‌ترین در سمت چپ بالای رشتهٔ اصلی در نمودار و ردهٔ M با طیف قرمز (قرمزترین) به‌عنوان خنک‌ترین ستاره‌ها در سمت راست پایین نمودار قرار دارند. همچنین هر رده، خود نیز از ۰ تا ۹ (داغ‌ترین و خنک‌ترین) شماره‌گذاری شده است.

ستارگان کم‌جرم از ردهٔ طیفی G تا M قرار گرفته‌اند و خورشید ما نیز به‌عنوان یک ستارهٔ کم‌جرم در ردهٔ طیفی G۲ قرار دارد.

درخشندگی یا قدر

اخترشناسان میزان روشنایی جرم‌های آسمانی را با واحد قدر بیان می‌کنند. هرچه عدد قدر بیشتر باشد، ستاره کم‌نورتر است. روشنایی کم‌نورترین ستاره که

نمودار ۱: نمودار هرتسپرونگ- راسل (H-R)

با چشم غیرمسلح دیده می‌شود حدود ۶+ قدر است هر پله در مقیاس قدر، نشان‌دهندهٔ ۲/۵ بار کاهش یا افزایش درخشندگی است.

البته ممکن است در این نمودار به‌جای درخشندگی، قدر مطلق و به‌جای ردهٔ طیفی، دما ذکر شود.

هر ستاره در نمودار جایگاهی دارد که علاوه بر جرم به این بستگی دارد که در چه مرحله‌ای از زندگی خود باشد. بیشتر ستاره‌ها در نوار مرکزی به نام «رشتهٔ اصلی» قرار دارند و بقیه در گروه غول‌ها، ابرغول‌ها و کوتوله‌های سفید قرار می‌گیرند.

رشتهٔ اصلی

رشتهٔ اصلی یا نوار مرکزی در نمودار «هرتسپرونگ- راسل» نوار اریبی است که از گوشهٔ سمت چپ بالای نمودار تا گوشهٔ سمت راست پایین امتداد می‌یابد. ستاره‌های رشتهٔ اصلی که فراوان‌تر از انواع دیگرند، در واکنش‌های هسته‌ای خود هیدروژن را به هلیم تبدیل می‌کنند. ستاره‌ها حدود نود درصد عمر خود را در رشتهٔ اصلی می‌گذرانند و در این مدت تغییرات کمی از نظر تابندگی و دمای آن‌ها رخ می‌دهد. خورشید نمونه‌ای از ستارگان رشتهٔ اصلی است.

ستاره‌ها به ترتیب جرم در نوار رشتهٔ اصلی جای گرفته‌اند، به این ترتیب که پرجرم‌ترین‌ها در سمت چپ بالا و کم‌جرم‌ترین‌ها در سمت راست پایین نمودار قرار دارند.

در نمایش نمودار «هرتسپرونگ- راسل» ستاره‌های تازه متولد شده، مانند اجسام قرمز درخشانی در سمت راست دیده می‌شوند و وقتی منقبض و به اندازهٔ کافی داغ می‌شوند که هیدروژن بسوزانند، سپس به‌سمت چپ نمودار حرکت می‌کنند و وارد منطقهٔ رشتهٔ اصلی می‌شوند.

گفتنی است که همواره دو نیرو در ستاره‌های رشتهٔ اصلی در تعادل است: یکی فشار گاز داغ درون آنکه با انفجارهای هسته‌ای همه چیز را به بیرون می‌راند و دیگری، گرانش عظیم جرم کل ستاره که همه چیز را به درون می‌کشد. اما در دورهٔ جنینی و در پایان عمر ستاره، این تعادل وجود ندارد.

سرنوشت ستاره‌ها

سرنوشت ستاره‌ها به جرم آن‌ها بستگی دارد. این مسئله آن‌چنان مهم است که مسیر سرنوشت آن‌ها را به‌کلی از هم جدا می‌کند. جرم ستاره‌ها را نسبت به جرم خورشید می‌سنجند. به این ترتیب ستاره‌ها در دو گروه کم‌جرم، یعنی با جرمی در حدود یک‌دهم تا کمتر از هشت برابر جرم خورشید و پرجرم، یعنی هشت تا صد برابر جرم خورشید قرار می‌گیرند که در ادامه، هر یک را به تفکیک بررسی می‌کنیم.

اما ستاره‌های پرجرم و بزرگ، کم و در عین حال داغ و درخشان‌اند. این دسته از ستارگان که سمت چپ و در انتهای بالایی رشتهٔ اصلی جای دارند، تمام سوخت هسته‌ای خود را در مدت یک میلیون سال می‌سوزانند که در مقایسه با سن چهارده میلیارد سالهٔ کیهان، زندگی آن‌ها مانند چشم برهم زدنی است. ستارهٔ شباهنگ و شعرای یمانی (A) از جمله ستاره‌های پرجرم و بزرگ‌اند.

الف) ستاره‌های کم‌جرم (کمتر از هشت تا یک‌دهم برابر جرم خورشید)

ستاره‌های کم‌جرم و کوچک، با طیف رنگی نارنجی و قرمز در گوشهٔ راست پایین نمودار (H-R) قرار دارند، در رده‌های طیفی G تا M.

این دسته مانند سنگ‌ریزه‌های کنار ساحل بی‌شمارند و چنان کم‌فروغ می‌تابند که هیدروژن آن‌ها تا صد میلیارد سال، یعنی هفت برابر سن فعلی عالم دوام می‌آورند. بنابراین عمر بیشتری را در نوار مرکزی یا همان رشتهٔ اصلی می‌گذرانند، یعنی مرحله‌ای از زندگی که در آن ستاره در واکنش‌های هسته‌ای، هیدروژن را به هلیم تبدیل می‌کند، مانند کوتوله‌های سرخ کم‌جرمی مثل پروکسیما- قنطورس یا ستارهٔ برنارد.

تشکیل غول سرخ

وقتی سوخت هیدروژن یک ستارهٔ کم‌جرم به پایان برسد، منبسط و تبدیل به غول سرخ می‌شود. در این حالت از رشتهٔ اصلی خارج می‌شود و از نظر مکانی در نمودار (H-R) در گوشهٔ سمت راست بالا قرار می‌گیرد.

بعد از آن، هستهٔ ستاره روی خود فرو می‌ریزد و داغ‌تر می‌شود تا بتواند همجوشی هسته‌ای عنصری سنگین‌تر را آغاز کند. بنابراین در این حالت داغ‌تر است و به‌جای هیدروژن از هلیم برای تولید انرژی بهره می‌گیرد و آن را به کربن و اکسیژن تبدیل می‌کند. البته همچنان در اطراف هستهٔ درونی، پوستهٔ نازکی از هیدروژن به تولید هلیم ادامه می‌دهد. لایه‌های خارجی نیز منبسط و خنک می‌شوند و به رنگ قرمز می‌درخشند.

ستاره‌های غول از شناخته‌شده‌ترین ستاره‌های آسمان‌اند. دو غول درخشان آسمان «سمّاک رامِح» در صورت فلکی عَوا و «دَبَران» در صورت فلکی ثورند. ستارهٔ عَیّوق در صورت فلکی ارابه‌ران در حقیقت دو ستارهٔ غول است که دور هم می‌گردند.

سحابی سیاره‌نما

وقتی غول سرخی هلیم بیشتری برای سوزاندن نداشته

باشد، هستهٔ آن مجدداً منقبض و خود ستاره دوباره منبسط می‌شود. اما این بار انبساط آن‌قدر ناگهانی است که لایه‌های خارجی ستاره برای همیشه در فضا پراکنده می‌شوند. تابش قوی از هستهٔ به شدت داغ ستاره، گازهای فرار را روشن و یک سحابی سیاره‌نما ایجاد می‌کند (نام این نوع سحابی را ویلیام هرشل سحابی سیاره‌نما گذاشت، زیرا به‌نظر او این ابرهای قرص مانند، شبیه سیاره‌ها بودند).

سحابی‌های سیاره‌نما فقط حدود چندهزار سال دوام می‌آورند و به‌دلیل همین عمر کوتاه نیز تقریباً نادرند. در سرتاسر کهکشان راه شیری فقط حدود ۱۵۰۰ سحابی سیاره‌نما شناخته شده است، مانند سحابی چشم‌گربه، پروانه و حلقه. در مرحلهٔ سحابی سیاره‌نما ستاره به گوشهٔ سمت چپ نمودار حرکت کرده است.

کوتولهٔ سفید

در مرکز هر سحابی سیاره‌نما، ستاره‌ای داغ و کوچک به نام کوتولهٔ سفید به‌وجود می‌آید. این ستاره هستهٔ سوختهٔ غول سرخ اصلی است، جرمی پر از کربن و اکسیژن که از همجوشی هلیم ایجاد می‌شود. در این مرحله لایه‌های بیرونی غول سرخ پراکنده شده و هستهٔ عریان آن تنها مانده است. در واقع کوتوله‌های سفید، هستهٔ ستاره‌هایی هستند که همهٔ سوخت خود را تمام کرده‌اند.

کوتوله‌های سفید که دیگر انرژی تولید نمی‌کنند، آن‌قدر درون خود فرو ریخته‌اند که به حجم کوچکی تبدیل شده‌اند. کوتولهٔ سفید عادی به جرم خورشید، تا حجمی به اندازهٔ زمین فشرده می‌شود. در اینجا باید توجه داشت که کوتولهٔ سفید زمانی به‌وجود می‌آید که ستاره، جرمی کمتر از یک‌چهارم جرم خورشید داشته باشد. به حدی که این مرز را مشخص می‌کند حد چاندر اسکار گفته می‌شود (یعنی اجرام سنگین‌تر از یک‌چهارم جرم خورشید). این کشف را سوپر امانیان چاندر اسکار در سال ۱۹۳۰ انجام داد و به افتخار او نام گرفته است.

امکان دارد حدود ده درصد از کل ستاره‌های کهکشان، کوتوله‌های سفید باشند. اما آن‌قدر کم‌نورند که فقط می‌توان نزدیک‌ترین‌ها را دید. کوتوله‌های سفید در گوشهٔ سمت راست پایین نمودار (H-R) قرار دارند. درست سمت راست پایین، مکان رشتهٔ اصلی و به مرور که هسته خنک می‌شود به سوی پایین، سمت چپ نمودار منتقل می‌شود.

نکتهٔ جالب در مورد کوتوله‌های سفید آن است که مواد ستاره یک میلیون بار چگال‌تر از آب‌اند. بنابراین این میدان گرانشی اطراف یک کوتولهٔ سفید بسیار شدید است. شخصی که روی کوتولهٔ سفید بایستد، حدود دویست تن وزن خواهد داشت. یک قوطی کبریت پر از مادهٔ کوتولهٔ سفید به اندازهٔ یک فیل وزن دارد!

کوتولهٔ سیاه

در طی میلیاردها سال، کوتولهٔ سفید و داغ به‌تدریج سرد و ناپدید می‌شود و کوتولهٔ سیاه نام می‌گیرد. در این حالت به گوشهٔ پایین سمت راست حرکت کرده است.

ب) ستاره‌های پرجرم (بیشتر از ۸ تا صد برابر جرم خورشید)

ستاره‌های پرجرم و بزرگ، با طیف رنگی آبی- سفید به‌دلیل دمای بیشتر در انتهای بالایی گوشهٔ چپ نمودار (H-R) قرار دارند (در رده‌های طیفی O تا F).

این دسته از تعداد کمتری برخوردارند و نور و درخشندگی آن‌ها زیاد است، مانند ستارهٔ زهره با قدر ۴-.

ستاره‌های پرجرم، تمام سوخت هسته‌ای خود را در مدت یک میلیون سال می‌سوزانند که در مقابل سن چهارده میلیارد سالهٔ کیهان، زندگی آن‌ها مانند چشم برهم‌زدنی است. از جملهٔ این ستاره‌ها می‌توان به شباهنگ، نطاق، بتاثور، قلب‌الاسد، نسر واقع، نسر طائر، شعرای یمانی، اپسیلون دب‌اکبر و اپسیلون جبار اشاره کرد.

تشکیل ابَرغول سرخ

در ابرغول‌ها هستهٔ ستاره داغ‌تر است. ستاره از هلیم موجود برای تولید کربن و اکسیژن استفاده می‌کند. در حالی‌که هسته درون خود فرو می‌ریزد و داغ‌تر می‌شود تا بتواند همجوشی هسته‌ای عنصر سنگین‌تری را آغاز کند، لایه‌های خارجی منبسط و خنک می‌شوند و به رنگ قرمز می‌درخشند، به‌طوری‌که ممکن است قطر ابرغول بیش از هزار برابر خورشید شود، یعنی ابعادی بزرگ‌تر از منظومهٔ شمسی!

هستهٔ ابرغول‌ها به حد کافی گرم‌اند و می‌توانند کربن و اکسیژن حاصل از هلیم‌سوزی را نیز به‌جای سوخت مصرف کنند و عناصر سنگین‌تری تولیدکنند؛ عناصری به سنگینی آهن تا زمانی که هسته‌ای از آهن شکل بگیرد.

هسته، شبیه پیاز، با لایه‌هایی از عناصر متفاوت است که روی هم قرار گرفته‌اند. همجوشی هسته‌ای عناصری سنگین‌تر از آهن تولید نمی‌کند و به همین سبب در نهایت، ناحیهٔ بزرگ مرکزی از جنس هسته‌های اتم آهن شکل می‌گیرد.

برخی از این ابر غول‌های سرخ آشنا در آسمان، ستاره سهیل در صورت فلکی شاه‌تخته، رجل‌الجبار در ید الجوزا و شانهٔ شکارچی (جبار)، قلب العقرب و عقرب و ردف در دجاجه‌اند. ستارهٔ مو- قیفاووس که یکی از بزرگ‌ترین ابرغول‌هاست، به سبب رنگ قرمزش به ستارهٔ گارنِت مشهور است.

ابَرنواختر درخشان

هنگامی‌که در مرکز ستاره، هسته‌ای متراکم از آهن حدود، یک‌چهارم خورشید به‌وجود آید، نمی‌تواند وزن خود را تحمل

کند. در نتیجه به درون خود فرو می‌ریزد. در نتیجهٔ واپاشی آهن در هستهٔ فورانی از ذرات ریز اتمی نوترینو ایجاد می‌شود که آن‌ها بدون مزاحمت از لایه‌های ستاره به بیرون می‌گریزند و لایه‌های خارجی هسته به‌سوی درون فرو می‌ریزند.

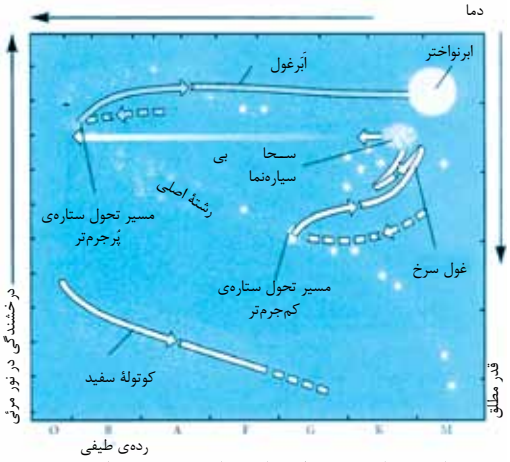
موج ضربهٔ فروریزش از میان ستاره به بیرون هجوم می‌برد و با انفجاری مهیب، آن را متلاشی می‌کند. عناصر سنگینی که به فضا پرتاب می‌شوند به ساختن نسل بعدی ستاره‌ها می‌انجامند؛ همان حرکت ققنوس‌واری که پیش از این بدان اشاره شد. لایهٔ خارجی ستاره در فضا به‌شدت منبسط می‌شود با درخششی که ناشی از تولید عناصر رادیواکتیو حاصل از انفجار است. درخشش این انفجار چند روزی از کل یک کهکشان هم بیشتر می‌شود. بقایای ستاره‌های منفجر شده بسیار داغ‌اند و تا هزاران سال به انبساط و درخشش ادامه می‌دهند. ما هنوز هم می‌توانیم بقایای درخشان ستاره‌های منفجر شده را که صدها یا هزاران سال پیش از هم پاشیده‌اند ببینیم. ابَرنواخترها نادرند. در کهکشان خودمان به‌طور میانگین در هر قرن، یک یا دو ابرنواختر رخ می‌دهد که برخی از آن‌ها نیز در پس غبار کهکشان پنهان می‌شوند. آخرین ابرنواختر قطعی که در کهکشان راه شیری دیده شد، ابرنواختر کپلر در سال ۱۶۰۴ بود، اما اخترشناسان به‌ویژه رصدگران آماتور، ابرنواخترهای بیشتری را در دیگر کهکشان‌هایافته‌اند.

ستاره نوترونی

هم‌زمان با تداوم پرتاب ماده از بخش‌های خارجی ستاره به فضا، هستهٔ آهنی آن نیز بر درون خود فرو می‌ریزد و بیشتر اتم‌ها در فشار گرانشی شدید دچار واپاشی می‌شوند. سپس الکترون‌ها و پروتون‌ها با فشار با هم ترکیب و نوترون‌ها تشکیل می‌شوند. به این ترتیب، ستارهٔ نوترونی تشکیل می‌شود گویی چگال از جنس نوترون با قطر بیست تا سی کیلومتر. چگالی ستارهٔ نوترونی به حدی زیاد است که به اندازهٔ یک سکهٔ پنجاه تومانی از مادهٔ آن برابر تمام جمعیت انسانی روی زمین جرم دارد. همچنین می‌توان جرم یک سر سوزن از مادهٔ ستارهٔ نوترونی را معادل دو برابر بزرگ‌ترین کشتی ابَرتانکر جهان دانست!ستارهٔ نوترونی از گاز ساخته نشده، بلکه ترکیبی از ماده به حالت جامد و مایع است. پوستهٔ خارجی از آهن جامد و زیر آن مایعی است که بیشتر از ذرات ریز اتمی به نام نوترون تشکیل شده است.

تپ‌اَخترها

معمولاً ستاره‌های نوترونی به‌سبب چرخش وضعی سریع و میدان مغناطیسی بسیار قدرتمند، دارای قطب‌های مغناطیسی فعال و تابانی هستند که فوران‌های منظم امواج رادیویی ارسال



نمودار ۲: نمودار هرتسپرونگ- راسل براساس چرخه زندگی ستاره‌ها

می‌کنند.ممکن است امتداد یکی از قطب‌های مغناطیسی به‌طرف زمین باشد. در این صورت، هر بار که این پرتو در جهت دید ما باشد، می‌توانیم آن را درست مانند یک چراغ دریایی دریافت کنیم. این تپ‌ها مانند ساعتی فوق دقیق‌اند و هزاران سال طول می‌کشد که دورهٔ تناوب آن‌ها اندکی تغییر کند. در این حالت، ستارهٔ نوترونی تپ‌اختر نامیده‌می‌شود.

بعضی تپ‌اخترها که در منظومهٔ دوتایی در کنار ستارهٔ عادی، کوتولهٔ سفید یا یا ستارهٔ نوترونی دیگر قرار دارند از آن ستاره گاز می‌بلعند. در نتیجه چنین تپ‌اختری در قطب‌هایش نقطه‌ای داغ و تابان در پرتو X شکل می‌گیرد که هرگاه این نقطهٔ داغ در دیدرس ما قرار می‌گیرد، تپی از پرتو X می‌بینیم. سرانجام این تپ‌اخترهای دوتایی در گردش آن است در حرکتی مارپیچی به آهستگی به سوی هم می‌روند و سپس به هم برخورد می‌کنند و در فروریزش انفجاری شدیدی، شاید حتی سیاه‌چاله‌ای بسازند.

تعداد کمی از تپ‌اخترها نیز علاوه بر امواج رادیویی، تپ‌هایی از نور مرئی هم ارسال می‌کنند، اما به هر حال ستارهٔ نوترونی چرخان به‌تدریج تمام انرژی خود را تابش می‌کند و آرام می‌گیرد و پس از میلیون‌ها سال، گردش آن به اندازه‌ای کند می‌شود که قطب‌های مغناطیسی امواج رادیویی ارسال نمی‌کنند و سرانجام ستاره ناپدید می‌شود.

البته در این میان، مگنتارها یا مغناطاخترها نیز به‌تازگی شناخته شده‌اند که نوع تازه‌ای از انواع ستاره‌های نوترونی هستند. این نوع ستاره‌های نوترونی میدان مغناطیسی بسیار قدرتمند دارند و شاید منشأ برخی فوران‌های اسرارآمیز پرتو گاما از فضا باشند.

منابع

۱. هیشر کویر، نایجل هنبست، فرهنگ‌نامهٔ نجوم و فضا؛ ترجمهٔ شادی حامدی‌زاد، تهران، انتشارات طلایی ۱۳۸۸. سر ویراستار علمی بابک امین‌تفرشی

2. www. starsnayer.blogfa.com
3. www.aline2012.blogfa.com
4. www.sarisky.ir