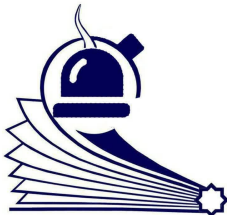


نخستین درس در ستاره شناسی - بخش سوم

درس هشتم: ستارگان پرچم

دکتر حسین شناور



قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش آموزی



پژوهش سرای دانش آموزی امام جعفر صادق (ع) کهنان



مدیریت آموزش و پرورش شهرستان گلبهار

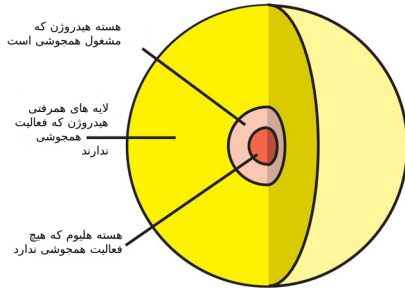
- این مجموعه درس برای آشنایی مقدماتی دانش آموزان و علاقمندان فارسی زبان با مباحث نجوم، اختر فیزیک و کیهان شناسی طراحی شده است. هدف اصلی این مجموعه درس، افزایش دانش علاقمندان به ستاره شناسی است؛ هرچند، به برخی مهارت های مربوطه نیز پرداخته خواهد شد.

- خواهشمندم هرگونه اشتباه نوشتاری، مفهومی و یا محاسباتی را به آدرس ایمیل من ارسال کنید تا در ویرایش های بعدی تصحیحات لازم اعمال شوند:

h.shenavar@gmail.com

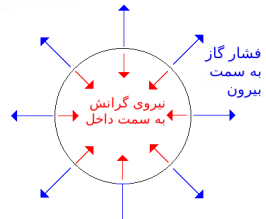
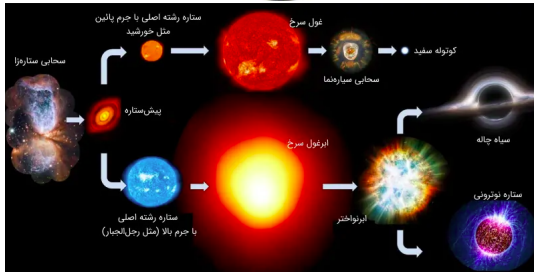
- از همکاران محترم در گلبهار و گلکان، برای همفکری ها و حمایت هایشان از فعالیت های پژوهش سرای دانش آموزی گلکان، کمال سپاسگزاری را دارم.
- برای ضبط این درس ها از نرم افزار *Zoom* استفاده شده است.

آنچه گذشت: کوتوله های سفید و سحابی های سیاره نما



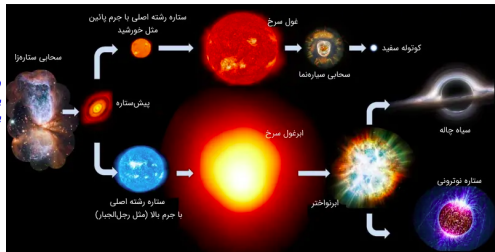
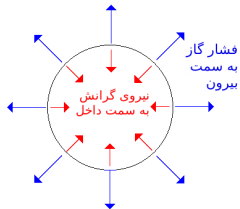
- در دو جلسه پیش مفاهیم اصلی مربوط به ستارگان کم جرم را فرا گرفتیم:
- ۱. روش تولید انرژی در ستارگان
- ۲. تعادل ستارگان و طول عمر آنها
- ۳. همجوشی هیدروژن و هلیوم
- ۴. کوتوله های قرمز
- ۵. کوتوله سفید
- ۶. سحابی سیاره نما

• در این جلسه و جلسات بعد تحول ستارگان پرچرم را بررسی می کنیم.

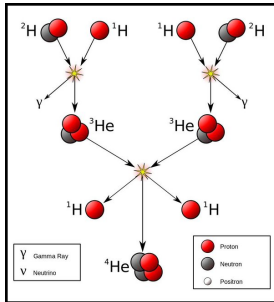
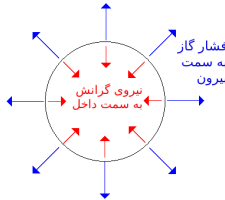


ستارگان: نبرد همیشگی بین گرانش و فشار

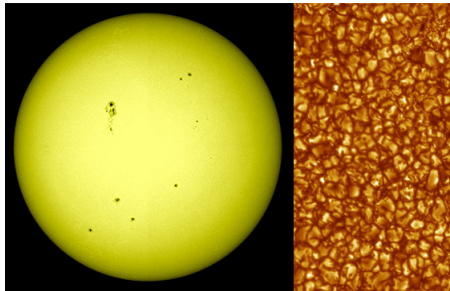
- فیزیک ستارگان نشان دهنده یک نبرد همیشگی بین گرانش و فشار است. نیروی گرانش (ناشی از جرم ستاره) تلاش می کند که ستاره رمبش کند. از طرف دیگر، فشار (ناشی از گرمای درونی ستاره) تلاش می کند ستاره منبسط شود.
- در بیشتر عمر ستارگان، این دو با هم در تعادل هستند؛ یعنی همدیگر را خنثی می کنند. در نتیجه ستاره می تواند به کار خود (تولید انرژی) ادامه دهد.
- مثلاً خورشید تا چند صد میلیون سال آخر عمرش در تعادل است. اما در مراحل آخر، این ستاره به شدت منبسط شده و سپس با انفجاری بزرگ لایه های بیرونی خود را به بیرون پرتاب می کند. در این حالت یک کوتوله سفید از خورشید بر جای می ماند.
- ستارگان پرجرم تر از خورشید سرنوشت متفاوتی دارند و انفجار آنها نیز بسیار عظیم است.



فرایند تولید انرژی در ستارگان پرجرم

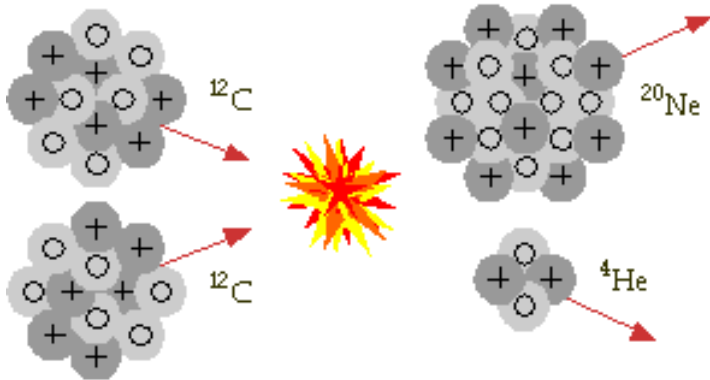


در مرکز ستارگان، فشار و دما به حدی بالاست که هسته اتم های سبک (بسته به دما) می تواند طی فرایند همجوشی به هسته اتم های سنگین تر تبدیل شود. در این فرایند انرژی آزاد می شود. مثلا، در همجوشی هیدروژن، هسته اتم هلیوم تولید می شود. در همجوشی هلیوم نیز هسته اتم کربن تولید می شود. برای همجوشی هسته های سنگین تر، باید دما و فشار ستاره بالاتر باشد. فرایند همجوشی در ستارگان کم جرم، مانند خورشید، در کربن متوقف می شود (درس قبل را ببینید).



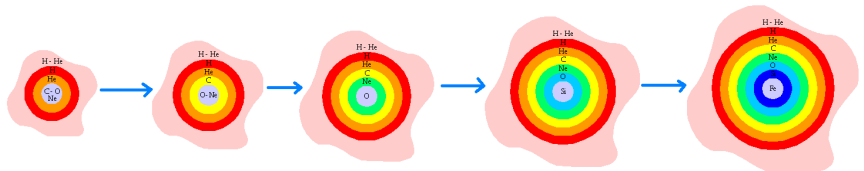
فرایند تولید انرژی در ستارگان پرجرم

- ولی اگر جرم ستاره حدوداً هشت برابر جرم خورشید باشد، آنگاه می‌تواند دمایی در حدود پانصد میلیون درجه سانتی‌گراد تولید کند. در این دما همجوشی کربن آغاز می‌شود. فرایند همجوشی کربن مراحل مختلفی دارد؛ ولی در انتها عناصری مانند نئون، منیزیم و سدیم (و البته انرژی) تولید خواهند شد.



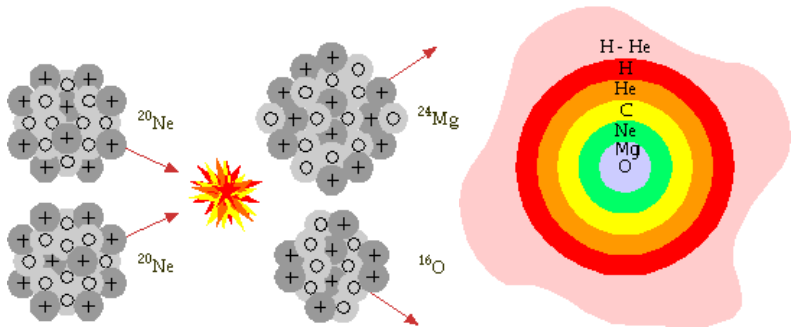
فرایند تولید انرژی در ستارگان پرجرم

- به صورت خلاصه، در فرایند همجوشی عناصر نسبتاً سنگین تولید می شوند و در قلب ستاره ذخیره می شوند. پس از اتمام هسته های سبک، قلب ستاره فشرده می شود و دمای آن بالا می رود. در نتیجه شرایط برای همجوشی هسته های نسبتاً سنگین فراهم می شود. همجوشی هسته های نسبتاً سنگین منجر به تولید هسته های سنگین و تلمبار شدن آنها در مرکز ستاره می شود. این فرایند با فشرده شدن بیشتر قلب ستاره و تولید هسته های سنگین تر ادامه می یابد.



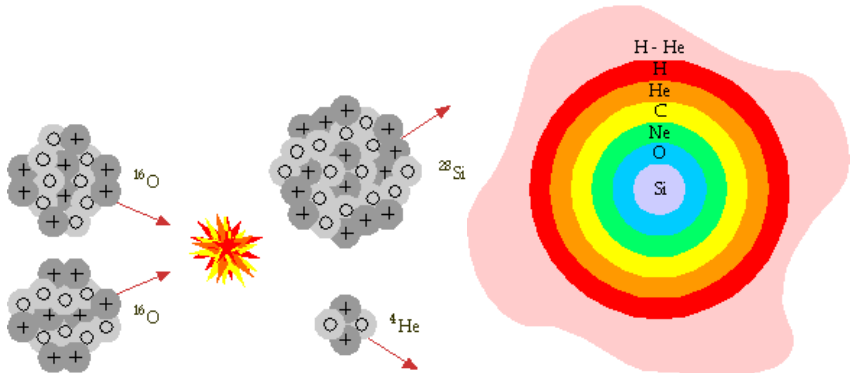
فرایند تولید انرژی در ستارگان پرجرم

- وقتی دمای قلب ستاره به یک میلیارد درجه می رسد، همجوشی نئون آغاز می شود. نتیجه همجوشی نئون تولید انرژی، اکسیژن و مقداری منیزیم است.

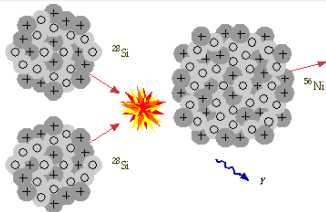


فرایند تولید انرژی در ستارگان پرجرم

- با ذخیره شدن اکسیژن و منیزیم در مرکز ستاره، این ناحیه باز هم فشرده تر و داغ تر می شود. وقتی دمای قلب ستاره به یک و نیم میلیارد درجه می رسد، همجوشی اکسیژن شروع شده و تولید سیلیکون (و ذخیره آن) آغاز می شود.

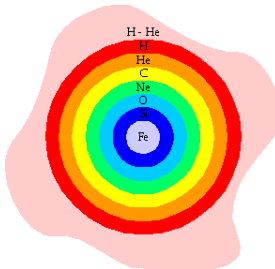
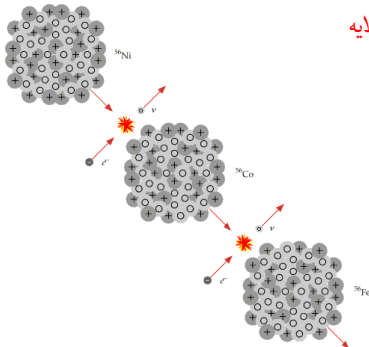


فرایند تولید انرژی در ستارگان پرجرم

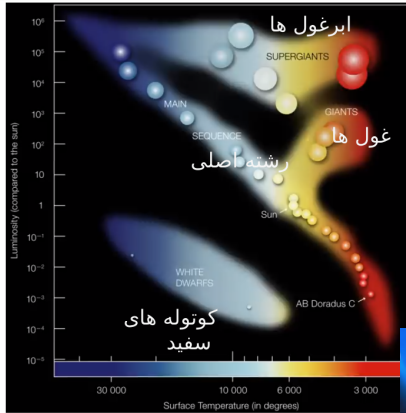


با ذخیره شدن سیلیکون، قلب ستاره سنگین تر و داغ تر می شود. اکنون، وقتی دما به بیش از دو میلیارد درجه می رسد، سیلیکون هم در فرایند همجوشی شرکت می کند. در فرایند همجوشی سیلیکون بسیاری از عناصر (از جمله نیکل، کبالت و آهن) تولید می شوند. تولید آهن در قلب ستاره برای ستاره بسیار دردسر ساز است. در واقع حالا ستاره مثل یک بمب ساعتی است و نابودی ستاره از اینجا به بعد حتمی است.

پیش از بررسی دقیق تر این مراحل، نگاهی به وضعیت لایه های بیرونی ستاره خواهیم انداخت.



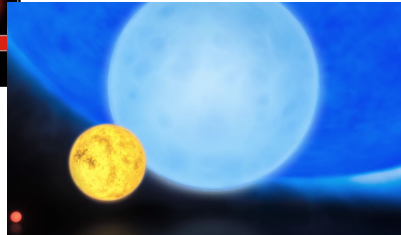
تحول لایه های بیرونی ستارگان پرجرم



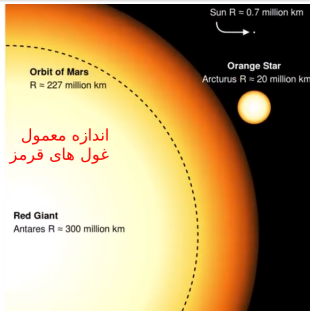
در اینجا می خواهیم تحول لایه های بیرونی ستارگان پرجرم را بررسی کنیم. در واقع سوال ما این است که اگر یک ستاره پرجرم را از فاصله بسیار دور رصد کنیم، چه چیزی مشاهده خواهیم کرد.

از آنجا که ستاره مورد نظر ما پرجرم است، این ستاره در مرحله هیدروژن سوزی به صورت یک ستاره آبی رنگ در رشته اصلی مشاهده خواهد شد.

چنین ستارگانی بسیار پرنور هستند و از فواصل بسیار زیاد قابل مشاهده اند.



تحول لایه های بیرونی ستارگان پرجرم



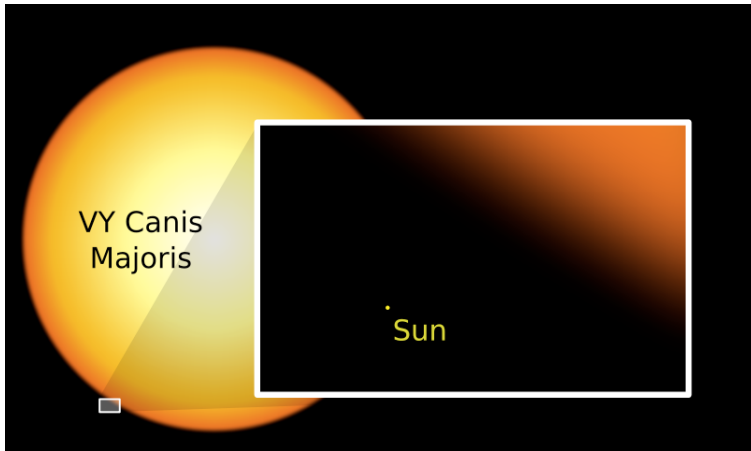
تحول ستارگان پرجرم نیز، مانند خورشید، وقتی که هیدروژن آنها تمام می شود، وارد مرحله جدیدی می شود. همانطور که پیشتر گفته شد، در این مرحله، قلب ستاره فشرده شده و همجوشی هلیوم آغاز می شود. این ستارگان نیز، مانند خورشید، در اثر دمای بسیار بالایی هسته شان منبسط می شوند.

ستارگانی مانند خورشید در چنین مرحله ای تبدیل به غول قرمز می شوند؛ هرچند، ستارگان پرجرم در این مرحله به "ابرغول قرمز" تبدیل می شوند. قطر اینگونه ستارگان می تواند به یک میلیارد کیلومتر برسد. درخشندگی این ستارگان بسیار زیاد است.

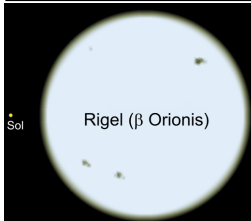
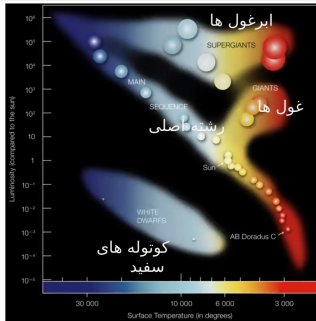
مثلاً اِبطالجوزا (شبنان‌شانه، به انگلیسی *Betelgeuse* یا آلفای شکارچی) یک ابرغول قرمز است که یکی از درخشان ترین ستارگان آسمان است. فاصله این ستاره بیش از ششصد سال نوری است.

فراغول ها

- ابرغول قرمز آلفای شکارچی در مقابل *VY Canis Majoris* بسیار کوچک است. این بزرگترین ستاره شناخته شده است و قطر آن به حدود دو میلیارد کیلومتر می رسد. منجمین برای طبقه بندی این ستاره، به تنهایی، یک کلمه جدید به نام ”فراغول” ابداع کرده اند.

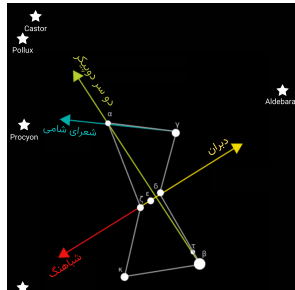


تغییر رنگ غول ها



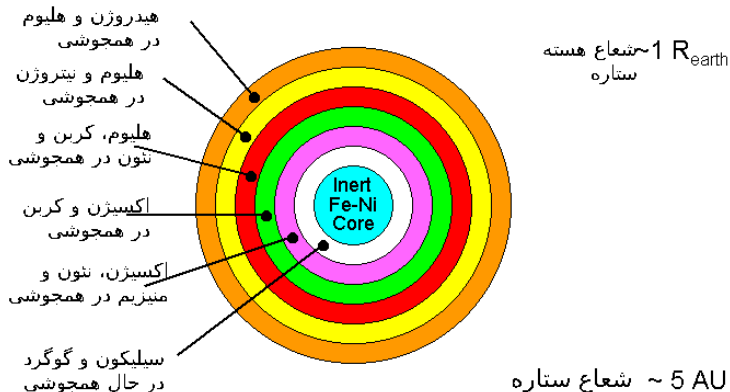
وقتی قلب ستاره مراحل مختلف همجوشی را طی می کند (از عناصر سبک به عناصر سنگین)، لایه های خارجی با انبساط و انقباض به تغییر وضعیت هسته واکنش نشان می دهند. بنابراین، یک ابرغول قرمز می تواند فشرده شده و تبدیل به یک ابرغول آبی شود.

ستاره پای شکارچی (بتا شکارچی و یا به انگلیسی *Rigel*) یک ابرغول آبی است. این ستاره به اندازه صدهزار برابر خورشید انرژی تابش می کند. موقعیت ابرغول های آبی در نمودار هرتسپرونگ-راسل را بررسی کنید.



بررسی دقیق تر فرایندها در قلب ستاره

- حالا به قلب ستاره برمی گردیم و ساختار آن را بررسی می کنیم.
- ستاره در این حالت لایه های مختلفی دارد که به جز لایه داخلی آهن-نیکل آن، بقیه در حال همجوشی هسته ای هستند.

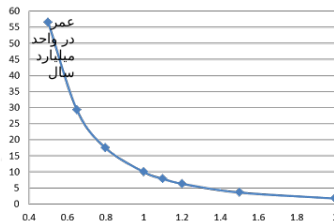


طول عمر ستارگان پرجرم

ممکن است تصور کنیم که ستارگان پرجرم باید طول عمر بیشتری داشته باشند، زیرا سوخت بیشتری نسبت به ستارگان کم جرم دارند. هرچند، قلب ستارگان پرجرم بسیار داغ تر از ستارگان کم جرم است، و بنابراین سرعت همجوشی عناصر در آنها بسیار بیشتر است. در نتیجه، سوخت ستارگان پرجرم، نسبت به ستارگان کم جرم، زودتر تمام می شود.

فرایند تبدیل هیدروژن به هلیوم در ستاره ای مانند خورشید به راحتی بیش از ده میلیارد سال طول می کشد. ولی فرایند تبدیل هیدروژن به هلیوم در ستاره ای که جرمش دو برابر جرم خورشید است، حدود دو میلیارد سال طول می کشد. این در حالی است که فرایند تبدیل هیدروژن به هلیوم در ستاره ای که ده برابر سنگین تر از خورشید است، حدودا صد میلیون سال طول می کشد!

طول عمر ستارگان رشته اصلی



جرم در واحد جرم خورشید

سرعت واکنش های هسته ای



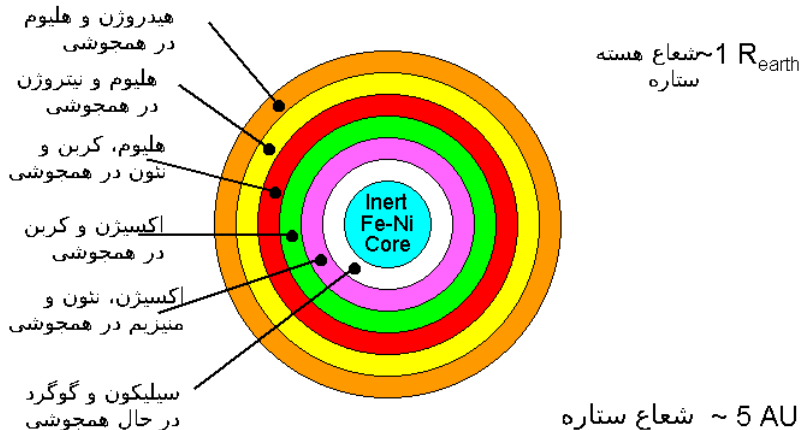
سرعت هر واکنش جدید هسته ای (با عناصر سنگین تر) بیشتر از واکنش های پیشین (با عناصر سبک تر) است.

مثلا، در ستاره ای که بیست برابر جرم خورشید جرم دارد، هلیوم در حدود یک میلیون سال همجوشی خواهد داشت، در حالی که کربن در حدود هزار سال، نئون در حدود یک سال و اکسیژن در حدود چند ماه همجوشی خواهند داشت. همجوشی سیلیکون فقط یک روز طول می کشد!

ستارگان بیشتر عمرشان را مشغول هیدروژن سوزی هستند؛ بقیه مراحل زندگی آنها واقعا در برابر مرحله اول کوتاه است.

قلب آهنین ستاره

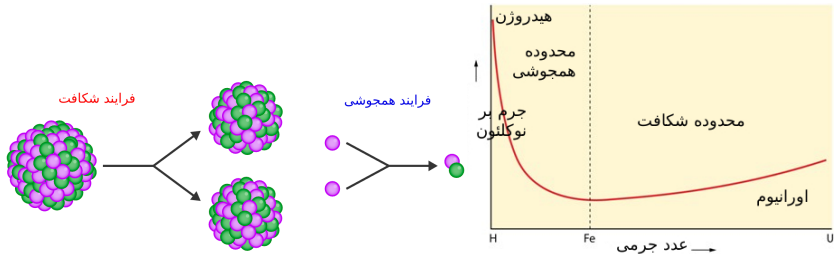
همانطور که گفته شد، سیلیکون به عناصر زیادی تبدیل می شود. یکی از این عناصر آهن است. در اثر همجوشی سیلیکون، آهن در قلب ستاره انباشه می شود. قلب آهنین ستاره (مانند مراحل قبلی) فشرده می شود و دمای مرکز ستاره بالا می رود.



قلب آهنین ستاره

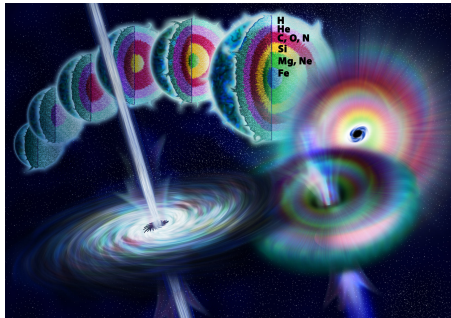
هرچند، از نظر فیزیک هسته ای اختلاف بسیار مهمی بین آهن و عناصر سبک تر وجود دارد: در اثر همجوشی عناصر سبک تر انرژی تولید می شود، این انرژی تبدیل به گرما شده و فشار به وجود آمده ستاره را در حال تعادل نگه می دارد. از طرفی ”در همجوشی آهن انرژی مصرف می شود!“ یعنی همجوشی آهن انرژی ستاره را تخلیه می کند؛ در نتیجه هسته ستاره سرد شده و فشار در مرکز ستاره به شدت پایین می آید. این پدیده، فرایند فشرده شدن قلب ستاره را سرعت می بخشد.

شکل زیر را ببینید. منظور از نوکلئون مجموع تعداد نوترون ها و پروتون ها در هسته اتم است. از این شکل مشخص است که چرا آهن پایدارترین عنصر از نظر هسته ای است.

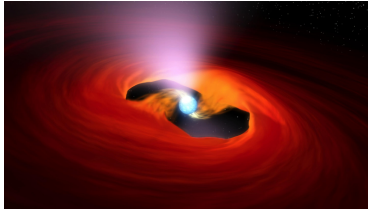


قلب آهنین ستاره

- همچنین، الکترون های موجود در هسته با فشار تبهگنی خود (درس قبل) به تعادل هسته کمک می کنند. ولی آهن الکترون های اطراف را به خود جذب می کند. بنابراین فشار تبهگنی ستاره نیز از بین می رود.
- در نتیجه حضور آهن، دو عامل اصلی تعادل ستاره از بین می روند و ستاره (در کسری از ثانیه) رمبش می کند. ستاره چنان سنگین و گرانش آن چنان عظیم است که با کاهش فشار در مرکز، لایه های خارجی ستاره با سرعتی نزدیک به سرعت نور به مرکز سقوط می کنند. قطر ناحیه مرکزی ستاره از چند صد کیلومتر، در چند هزارم ثانیه به چند کیلومتر می رسد.



دو حالت ممکن است.



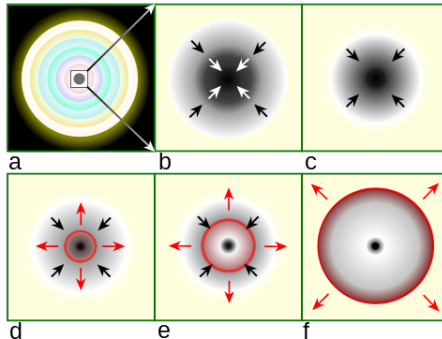
در این شرایط، یکی از دو حالت زیر می تواند رخ دهد:

اگر جرم ستاره از بیست برابر جرم خورشید کمتر باشد (ولی همچنان بیشتر از هشت برابر جرم خورشید)، آنگاه رمبش هسته ستاره در ابعاد بیست کیلومتری متوقف می شود و یک ستاره نوترونی تشکیل می شود. ستاره های نوترونی را در درس بعدی بررسی می کنیم.

اگر جرم ستاره بیشتر از بیست برابر جرم خورشید باشد، آنگاه بنا به نظریه های موجود فیزیکی هیچ نیرویی نمی تواند از رمبش هسته ستاره جلوگیری کند. گرانش این جرم چنان زیاد است که حتی نور هم نمی تواند از آن فرار کند. چنین جرمی را سیاهچاله می نامیم که در درس دهم بررسی خواهد شد.

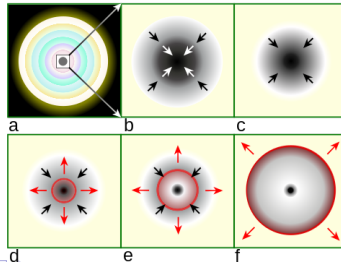
جزئیات بیشتری از تحول ستاره

- چه اتفاقی می افتد وقتی قلب ستاره پرجرم ناگهان رمبش کرده و سپس متوقف می شود؟
- هسته چنین ستارگانی بسیار سنگین است و می تواند لایه های بیرونی را با گرانش شدیدی به سمت خود جذب کند. این لایه ها با سرعت بسیار به هسته برخورد می کنند، فشرده شده و داغ می شوند. بخش b را ببینید.
- در مرکز ستاره یک قلب نوترونی تشکیل می شود. بخش c را ببینید.

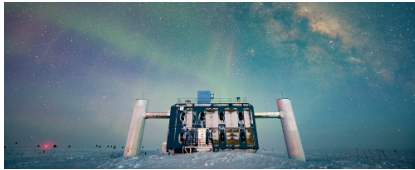


جزئیات بیشتری از تحول ستاره

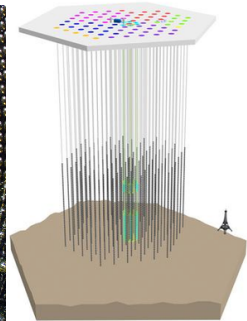
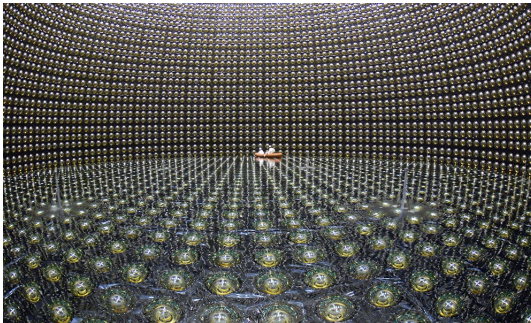
- چه اتفاقی می افتد وقتی قلب ستاره ناگهان رمبش کرده و سپس متوقف می شود؟
- در اثر رمبش قلب ستاره، یک موج ضربه به وجود آمده و به سمت بیرون منتشر می شود. این موج با مواد لایه های بیرونی که در حال سقوط به داخل ستاره هستند برخورد کرده و سرعت آنها را کاهش می دهد. بخش d را ببینید.
- همچنین، فرایندهای فیزیکی درون هسته ستاره باعث به وجود آمدن تعداد بسیار زیاد از ذرات بسیار سبکی به نام نوترینو می شود. انرژی منتقل شده توسط این نوترینوها در کسری از ثانیه می تواند به ده ها برابر انرژی تولید شده توسط خورشید در تمام عمرش باشد. بخش e را ببینید.



پرانتر باز: نوترینوی شگفت انگیز



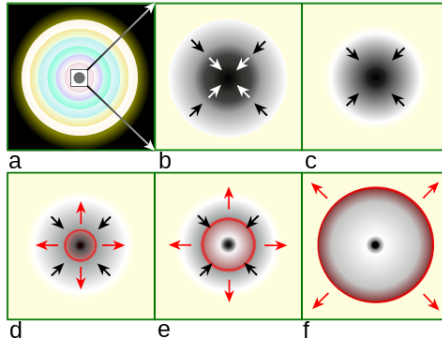
نوترینوها بسیار کم برهمکنش می کنند. در واقع نوترینو می تواند فواصل بسیار زیادی را در کیهان، بدون کمترین برهمکنشی بپیماید. فیزیکدانان تاکنون تلاش های بسیاری در جهت آشکارسازی برهمکنش نوترینو داشته اند.



جزئیات بیشتری از تحول ستاره

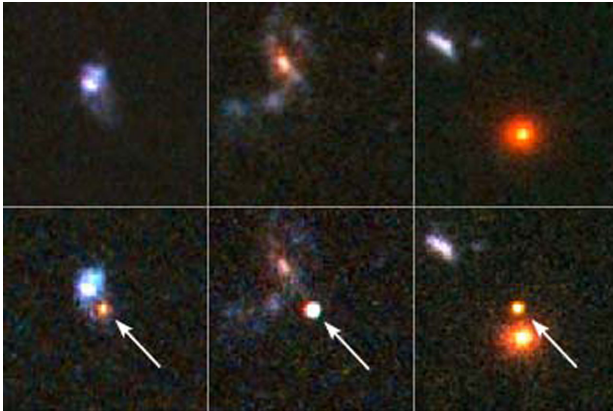
چه اتفاقی می افتد وقتی قلب ستاره ناگهان رمیش کرده و سپس متوقف می شود؟
با این وجود نوترینوهای تولید شده در هسته ستاره چنان زیاد و پراورزی اند که
وقتی با مواد رمبش کننده برخورد می کنند (این مواد بسیار متراکم هستند)
آنها را وادار به توقف می کنند. حالا جهت جریان برعکس شده و مواد به سمت
بیرون (به صورت انفجاری) پرتاب می شوند. این پدیده را ابرنواختر می نامند.
بخش f را ببینید.

فیلم ها را ببینید.

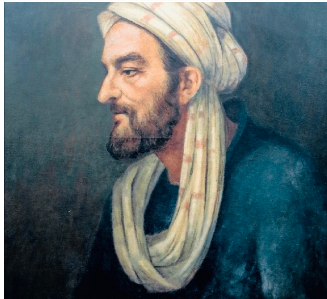


ابرنواختر

- ابرنواختر یکی از پرنرژی ترین پدیده های کیهانی است. مواد خارج شده از ابرنواختر با سرعتی در حدود 10^4 سرعت نور به بیرون پرتاب می شوند. انرژی تولید شده در ابرنواختر چنان عظیم است که میتوان چنین انفجاری را از نیمی از شعاع کیهان مشاهده کرد. در مدت درخشش، نور ابرنواختر می تواند از نور تمامی کهکشان شامل آن بیشتر باشد. **فیلم ها را ببینید.**



بازمانده ابرنواختر

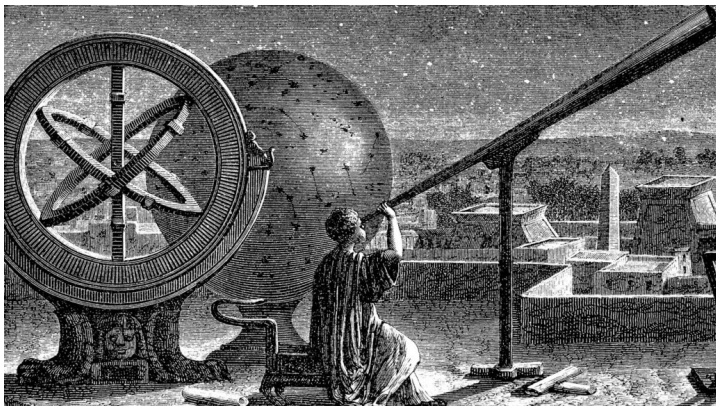


مواد خارج شده از ابرنواختر، که بازمانده ابرنواختر نامیده می شوند، اشکال بسیار شگفتی را می سازند. مشهورترین این ها سحابی خرچنگ است که ناشی از انفجار ستاره ای در سال ۱۰۵۴ میلادی است. این ابرنواختر را اخترشناسانی از چین، شبه جزیره کره، جغرافیای اسلام و اروپا ثبت کرده اند. پیشتر ابن سینا ظهور ابرنواختر سال ۱۰۰۶ میلادی را در کتاب شفا گزارش کرده بود. گفته شده که قدر این جرم شانزده برابر زهره بوده، در روز دیده می شده و تولید سایه داشته است!



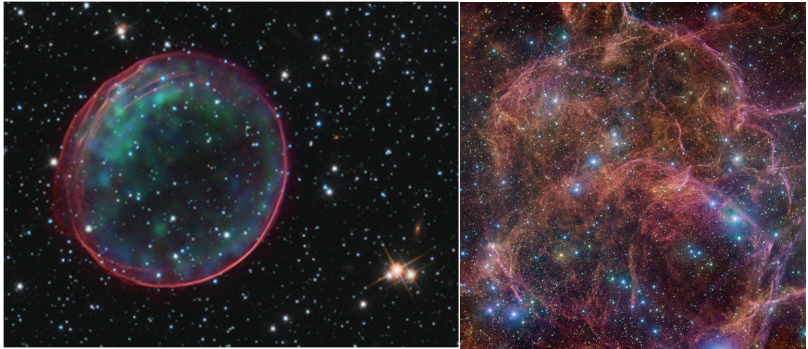
یکی از چالش های نجوم قدیم: تغییر در آسمان

● باید توجه کرد که ظهور این ابرنواخترها از دید منجمان قدیم بسیار چالش برانگیز بوده است زیرا بنا به فرضیات آنها آسمان بدون تغییر بود (درس دوم از بخش نخست). البته با توجه به اینکه در آن دوران تعیین فاصله این اجرام ممکن نبود، برخی حتی تصور می کردند این ها ستارگانی بسیار نزدیک هستند، و یا اصلا ستاره نیستند!



تحول بازمانده ابرنواختر

- وقتی مواد بازمانده از ابرنواختر انبساط پیدا کرده و پیر می شوند، به تدریج از تراکم آنها کم می شود. برخی از این اجرام لبه مشخصی دارند در حالی که برخی دیگر شبکه های پیچیده ای را تشکیل می دهند. برای جزییات بیشتر درس دوم از بخش چهارم را ببینید.

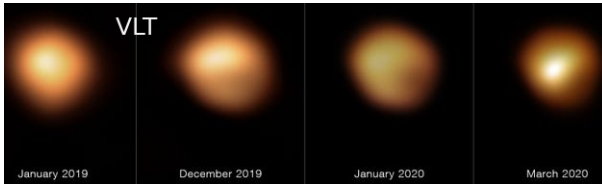


آیا ابرنواخترها برای حیات بر روی زمین خطرناک هستند؟



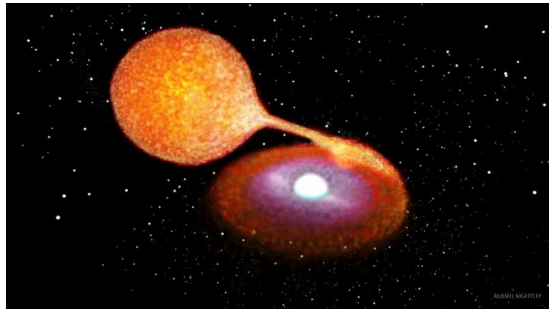
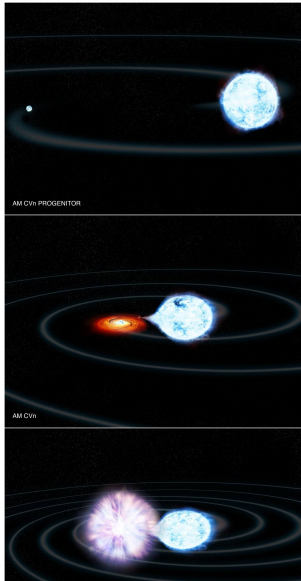
آیا انفجار ستارگان نزدیک به ما می تواند برای ما خطرناک باشد؟
جواب سرسری به این سوال ”نه“ است. در واقع با وجود سهمگین بودن انفجار ابرنواختری، باید توجه کنیم که فضا بسیار بزرگ است. همچنین، برای اینکه ما کمترین اثرات ابرنواختری را درک کنیم، چنین جرمی باید در فاصله کمتر از صد سال نوری از ما باشد. از طرفی، نزدیکترین ستاره ای که احتمال انفجارش وجود دارد، بی ژوین (یا سماک اعزل، به انگلیسی *Spica*) درخشانترین ستاره در صورت فلکی دوشیزه است. این ستاره ۲۵۰ سال نوری از ما فاصله دارد.

آلفای شکارچی مطمئناً روزی منفجر خواهد شد (و چنین انفجاری بسیار عظیم خواهد بود)، ولی فاصله آن از ما بسیار زیاد است (۵۴۸ سال نوری). بنابراین خطری متوجه ما نخواهد بود.



آیا ابرنواخترها برای حیات بر روی زمین خطرناک هستند؟

البته نوعی از ابرنواختر وجود دارد که شامل کوتوله های سفید است. این موضوع را در درس ستارگان دوتایی بررسی خواهیم کرد. احتمالاً از جانب این نوع ابرنواخترها هم خطری متوجه ما نیست.



انفجارهای ابرنواختری بسیار عظیم و مخرب هستند؛ ولی این انفجارها برای وجود ما بسیار حیاتی هستند. در واقع، وقتی یک ستاره پرجرم منفجر می شود، گاز ناشی از این انفجار چنان داغ است و تراکم گاز چنان زیاد می باشد که در حین انفجار هم همجوشی رخ می دهد. منجمین این پدیده را ”هسته زایی انفجاری” می نامند. در این فرایند، عناصر سنگین به میزان زیاد تولید می شوند.

H																													He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe												
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn												
Fr	Ra																												
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu												
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr												

یونان و یونانی ها
تاریخچه علم در ایران باستان
تاریخچه علم در ایران معاصر
تاریخچه علم در ایران امروزی
تاریخچه علم در ایران آینده

اهمیت اساسی ابرنواخترها برای زندگی ما

این مواد در طی هزاران سال، در محیط اطراف ابرنواختر پراکنده می شوند و می توانند خود تشکیل ستاره و سیاره دهند (به همراه هیدروژن و هلیوم موجود). در واقع انفجار ابرنواختر خود می تواند عامل محرک در تشکیل دیگر ستارگان باشد. کلسیم موجود در استخوان ما، آهن موجود در خون ما، فسفر موجود در DNA ما و بسیاری از عناصر سنگین دیگر یادگار انفجارهای ابرنواختری هستند. این ابرنواختر احتمالا در حدود پنج میلیارد سال پیش منفجر شده است.

H																			He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne		
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
Fr	Ra																		
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

بیگ بنگ

ابرناخترها

ستارگان کوچک

ستارگان بزرگ

تابش کیهانی

بیگ بنگ
 ابرنواخترها
 ستارگان کوچک
 ستارگان بزرگ
 تابش کیهانی

نکات مهم این درس

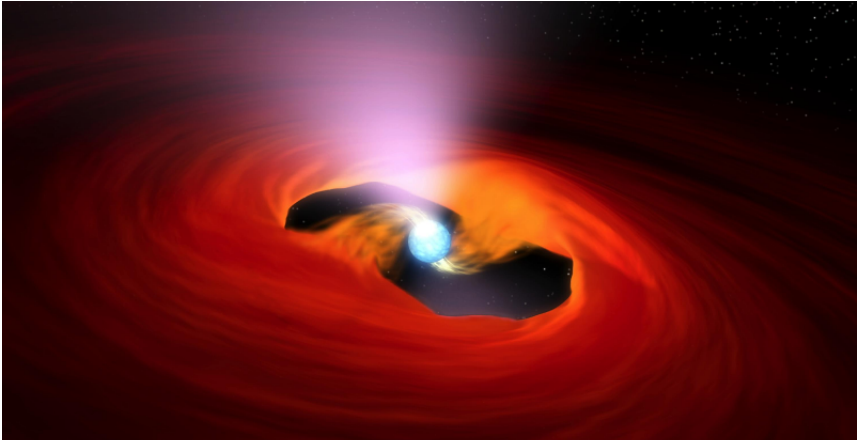
انتظار این است که در انتهای این درس شما بتوانید نکات مهم مربوط به ستارگان پرجرم را بیان کنید. همچنین، انتظار می رود که بتوانید پرسش های زیر را پاسخ گوید:

- ۱ نقش فشار و گرانش در تعادل ستاره چیست؟ چه زمانی می گوییم یک ستاره در تعادل است؟
- ۲ مراحل مختلف تولید عناصر در قلب ستاره های پرجرم را نام ببرید.
- ۳ تحول لایه های بیرونی ستارگان پرجرم به چه صورت است؟
- ۴ اندازه معمول ابرغول قرمز چقدر است؟
- ۵ بزرگترین ستاره کشف شده تاکنون کدام است؟
- ۶ موقعیت ابرغول ها در نمودار هرتسپرونگ-راسل را توضیح دهید. چرا ابرغول ها تغییر رنگ می دهند؟
- ۷ مصرف عناصر سنگین در ستارگان پرجرم، نسبت به سرعت مصرف هیدروژن، چقدر طول می کشد؟
- ۸ منظور از همجوشی و شکافت هسته ای چیست؟
- ۹ چرا با شروع همجوشی آهن در قلب ستاره، ستاره به پایان عمر خود می رسد؟
- ۱۰ دو دلیل اصلی برای انفجار قلب آهنین ستاره را توضیح دهید.
- ۱۱ شرایط تشکیل ستاره نوترونی و سیاهچاله را توضیح دهید.
- ۱۲ مراحل مختلف رمبش قلب ستاره (موج ضربه و تولید نوترینو و ...) را توضیح دهید.
- ۱۳ منظور از ابرنواختر چیست؟
- ۱۴ تحقیق کنید: چرا منجمان باستان با مشاهده ابرنواختر مدل های خود را کنار نگذاشتند.
- ۱۵ آیا انفجار ابرنواختری ستارگان نزدیک به ما می تواند برای زندگی بر روی زمین خطرناک باشد؟
- ۱۶ کدام عناصر جدول تناوبی در ابرنواخترها به وجود آمده اند؟

اگر درباره هر کدام از مفاهیم یاد شده بالا مشکلی احساس می کنید، می توانید درس را یک بار دیگر مرور کنید.

مبحث بعدی: ستاره نوترونی

وقتی ستاره ای با جرم هشت تا بیست برابر جرم خورشید به پایان عمر خود می رسد، ما شاهد یک انفجار بزرگ و تولید یک ستاره نوترونی خواهیم بود. ویژگی های این ستاره نوترونی چنان عجیب است که تا مدت ها برخی منجمین، با مشاهده امواج ناشی از این اجرام، تصور می کردند بیگانه های فضایی عامل فرستادن این امواج هستند! در درس بعد ستاره های نوترونی را بررسی خواهیم کرد.



منابع درس

- ۱ PBS Crash Course Astronomy by Phil Plait, available on YouTube and PBS website

- ۱ نجوم به زبان ساده، مایر دگانی، ویراست سوم، ترجمه محمدرضا خواجه پور، انتشارات گیتاشناسی، ۱۳۹۳
- ۲ اساس ستاره شناسی، مایکل سیدز، جلدهای ۱ و ۲، ترجمه اشرفی و صالحی، ویراسته خواجهوی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۱۳۹۰

با سپاس از توجه شما،
لطفاً ما را در شبکه های
اجتماعی دنبال کنید.