

نخستین درس در ستاره شناسی - بخش سوم

درس سوم: ستارگان

دکتر حسین شناور



پژوهش سرای دانش آموزی امام جعفر صادق (ع) گیلان



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

درس سوم: ستارگان

- طیف و رده بندی ستارگان
- نمودار هرتسپرونگ-راسل



آنچه گذشت: فاصله ها در ستاره شناسی

در جلسه پیش یاد گرفتیم که فاصله اجسام در نجوم را می توان به وسیله یکی از روش های زیر اندازه گرفت:

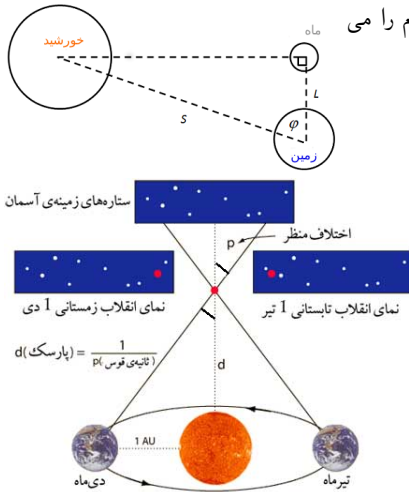
۱ روش های هندسی - مثلثاتی

۲ قانون سوم کپلر

۳ اختلاف منظر

۴ درخشندگی

۵ روش های دیگر ...

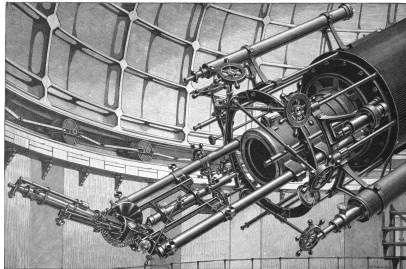
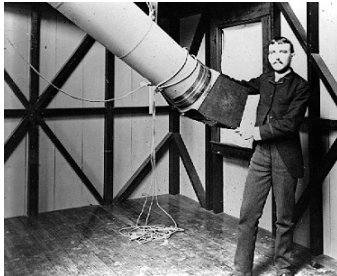


ستارگان متنوع اند!

- در نگاه اول به نظر می رسد که ستارگان همگی مشابه اند زیرا همگی چشمک می زنند و تقریباً هم رنگ هستند.
- ولی در درس دوم آموختیم که اگر دقیق تر به ستارگان بنگریم (یعنی با تلسکوپ)، تفاوت را به وضوح می بینیم:
- برخی ستارگان کم نور و برخی پرنورند. تفاوت در روشنایی ستارگان می تواند به دلیل اختلاف فاصله و یا اختلاف مقدار نور ذاتی آنها باشد.
- ستارگان رنگ های مختلفی (سفید، قرمز، نارنجی، آبی) دارند. دلیل رنگ ستارگان تا مدت ها نامعلوم بود.



عکسبرداری نجومی



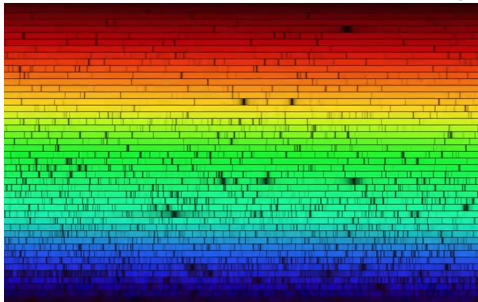
در سال های آخر قرن نوزدهم، عکسبرداری نجومی به عنوان یک تکنیک بسیار مهم علمی پذیرفته شد. در واقع در این سالها معلوم شد که با اتصال یک دوربین عکس برداری به یک تلسکوپ و نورگیری طولانی می توان اجرام بسیار کم نور را با جزییات بیشتری دید.

همچنین، تکنیک طیف سنجی ستارگان (تشخیص طول موج های گسیلی و جذبی اجرام) برای بررسی دقیق ستارگان به کار رفت.

تکنیک طیف سنجی ستارگان اطلاعات بی نظیری را درباره جسم به ما می دهد. هرچند، تفسیر درست نتایج طیف سنجی یک ستاره نسبتاً مشکل است.

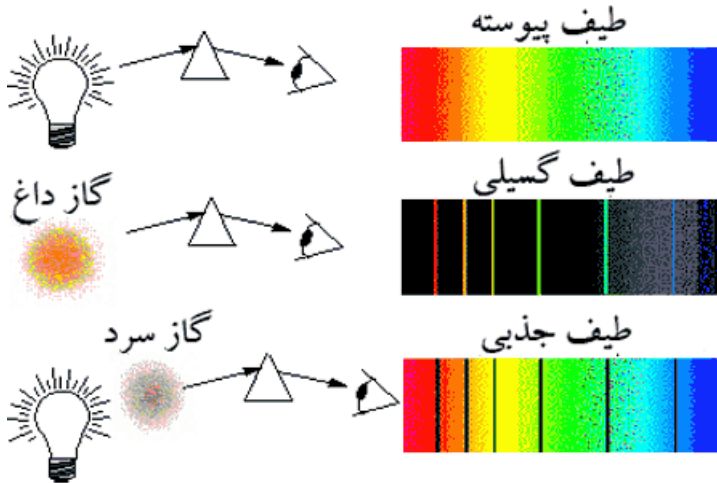
در طیف یک ستاره چه می بینیم؟

- طیف ستاره ترکیبی از دو عامل است که هرکدام باعث نوعی از طیف می شود.
- اتم های موجود در اتمسفر ستاره (لایه نازک گاز در بالای سطح ستاره) قسمتی از نور تابش شده توسط ستاره را جذب می کنند. با این پدیده در درس اول این مجموعه آشنا شدیم: الکترون ها نور را جذب کرده و به تراز بالای انرژی منتقل می شوند. این جذب در طول موج های مشخص و گسسته ای رخ می دهد و مقدار طول موج به اتم های موجود در جو ستاره ربط دارد. خطوط مشکی در طیف ستاره طول موج های جذبی را نشان می دهد.

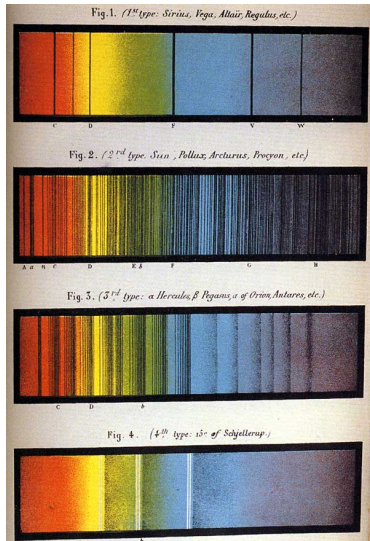


خلاصه مفهوم طیف

- این شکل را به عنوان خلاصه مفهوم طیف به خاطر داشته باشید.



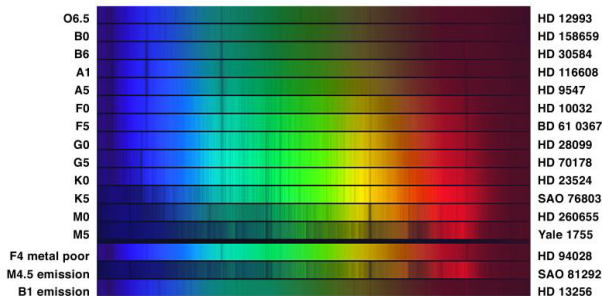
رده بندی طیفی ستارگان



در ابتدا ستارگان را بر اساس بر اساس قدرت خطوط طیفی هیدروژن آن ها طبقه بندی می کردند. ستارگان با قوی ترین خط طیفی هیدروژن، ستاره نوع ۱ نامیده می شد؛ ستارگان بعدی نوع ۲، ۳ و غیره نامیده می شدند. این کار را منجم ایتالیایی آنجلو سگّی انجام داد. این منجم اولین کسی بود که فهمید خورشید یک ستاره است!



رده بندی طیفی ستارگان



در سال ۱۹۰۱ رده بندی جدید ستارگان توسط گروه هاروارد و به ویژه آنی جامپ کانن معرفی شد. در این رده بندی (با حروف الفبا) خطوط طیفی متفاوتی بررسی و در نظر گرفته می شوند.

تا مدت‌ها درستی این رده بندی، از لحاظ فیزیکی، مورد شک بود؛ ولی پیشرفت فیزیک (کوانتوم) باعث درک آن شد.



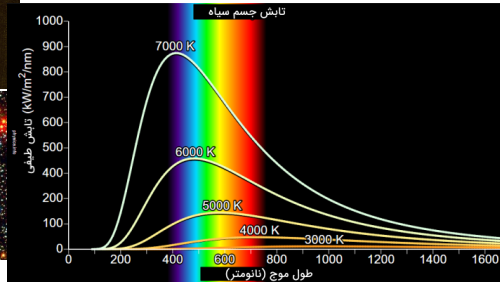
ماکس پلانک وارد می شود!



پلانک نشان داد که چطور اجسام داغ، مانند ستارگان، تابش می کنند. او وابستگی شدت تابش در یک طول موج (و یا بسامد) خاص به دمای آن جسم را توضیح داد.

تحقیق: درباره قانون تابش جسم سیاه تحقیق کنید.

بنا به قانون پلانک، ستاره های داغ تر بیشتر در نور آبی تابش می کنند در حالی که ستاره های کم دما تر، بیشتر در نور قرمز تابش می کنند. به قله نمودار دقت کنید که چطور با افزایش دما به سمت نور آبی منتقل می شود.



چطور اتم ها در دماهای مختلف تابش می کنند.



چند سال بعد، مقننات ساها (فیزیكدان بنگلادشی- هندی) نشان داد كه چطور تابش اتم ها به دما بستگی دارد.

دو دهه بعد، سیسیلیا پین گیاشكین همه دانسته ها (از پلانك و ساها تا ...) را كنار هم گذاشت و سرانجام رده بندی كانن را به صورت درست توضیح داد.

گیاشكین نشان داد كه طیف ستارگان به دمای ستاره و عناصر موجود در جو آنها وابسته است.

ایده گیاشكین راز ستارگان را فاش ساخت. از اینجا منجمین توانستند نه فقط ترکیبات موجود در ستاره، بلکه ویژگی های فیزیکی دیگر آن را نیز تعیین کنند.

مثلا، تا آن زمان منجمین تصور می کردند كه ترکیبات ستارگان و زمین تقریبا مشابه هستند. ولی گیاشكین نشان داد كه بیشتر جرم ستارگان از هیدروژن و كمی هلیوم تشكيل شده است.

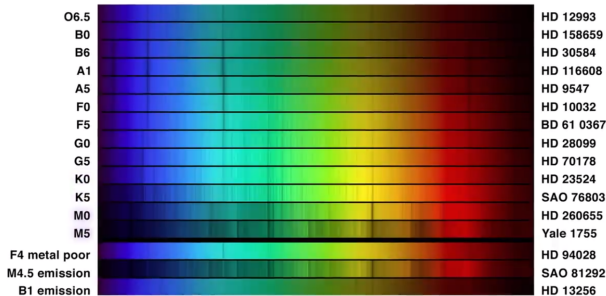
رده بندی طیفی ستارگان

● رده بندی طیفی ستارگان امروزه نیز مورد استفاده است. در این رده بندی،

● ستارگان بر حسب دمای سطح آنها رده بندی شده اند. ستارگان با بیشترین دما در بالای رده بندی قرار دارند (ستارگان گروه O).

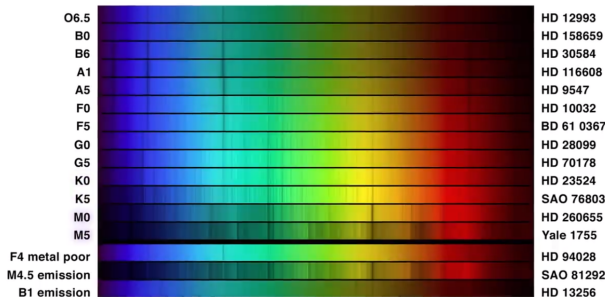
● در این رده بندی، هر گروه از ستارگان به ده زیرگروه تقسیم می شود (با اعداد ۰ تا ۹، باز هم بنا به دمای آنها).

● در چند دهه اخیر ستارگان سردتری نیز پیدا شده و با نمادهای L ، T و Y مشخص شده اند.

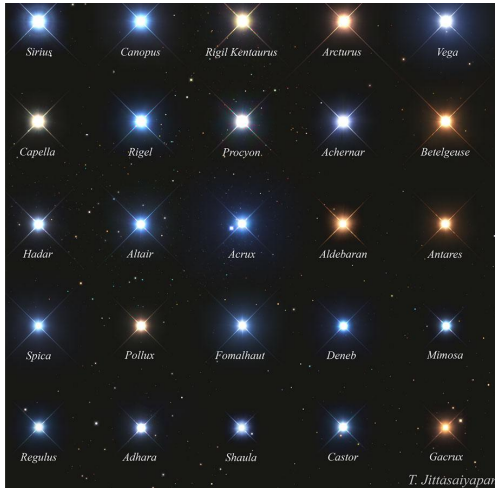


رده بندی طیفی ستارگان

- ۴ دقت کنید که دما در شکل زیر بر حسب کلوین است. رابطه دمای کلوین و سانتی گراد به صورت $C = K - ۲۷۳$ می باشد.
- ۵ دمای سطح خورشید ۵۵۰۰° درجه سانتی گراد است و یک ستاره از نوع $G۲$ محسوب می شود.
- ۶ ستاره ای با دمای کمی بالاتر از خورشید $G۱$ محسوب شده و ستاره ای کمی سردتر از خورشید $G۳$ محسوب می شود.
- ۷ ستاره شباهنگ، پرنورترین ستاره آسمان، بسیار داغ تر از خورشید است و یک ستاره نوع $A۰$ محسوب می شود. ستاره آلفای شکارچی، که قرمز رنگ و سرد است، یک ستاره $M۲$ می باشد.



رنگ ستارگان



● رنگ ستارگان می تواند به اکثر رنگ ها باشد. مثلا، ستارگان داغ آبی هستند در حالی که ستارگان قرمز رنگ سردند. در این بین ستارگانی به رنگ نارنجی و زرد هم داریم.

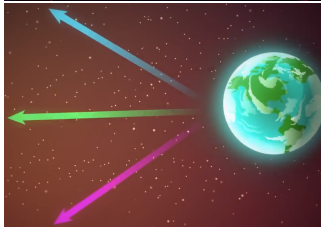
● ولی هیچ ستاره ای به رنگ سبز نیست! این به دلیل ویژگی چشم ماست: ستارگان می توانند رنگ سبز را تابش کنند، ولی در این صورت رنگ های آبی، قرمز و نارنجی را نیز تابش می کنند. ترکیب این رنگ ها با هم در چشم ما سفید به نظر می رسد. در واقع، حتی برخی ستارگان وجود دارند که بیشترین نور خود را به رنگ سبز تابش می کنند، ولی باز هم سفید به نظر می رسند.

خورشید چه رنگی است؟



مثلا، طیف نور خورشید در رنگ سبز بیشترین مقدار را دارد (یعنی بیشترین نور تابش شده توسط خورشید در رنگ سبز است.)، ولی ما خورشید را سفید می بینیم.

پرسش: چرا سفید؟ مگر خورشید زردرنگ نیست؟



رنگ واقعی خورشید سفید است (یعنی ترکیب همه رنگ ها)، ولی قسمتی از نورهای آبی، بنفش و سبز خورشید در برخورد با مولکول های نیتروژن در جو پراکنده می شوند. پراکندگی این نورها در جو باعث می شود که ما آسمان را آبی ببینیم. در واقع، نور بنفش خورشید تابش شده توسط خورشید نسبتا کم است، بنابراین آسمان بنفش نیست. همچنین، نور سبز هم به خوبی نور آبی پراکنده نمی شود. از طرفی نور آبی به خوبی پراکنده می شود و در نتیجه رنگ غالب آسمان آبی است.



پراکنده شدن نورهای آبی، بنفش و سبز خورشید باعث می شود ما خورشید را از روی زمین تقریبا زردرنگ ببینیم. ولی رنگ واقعی آن سفید است.

برای سلامتی چشمان خود، به خورشید نگاه نکنیم!

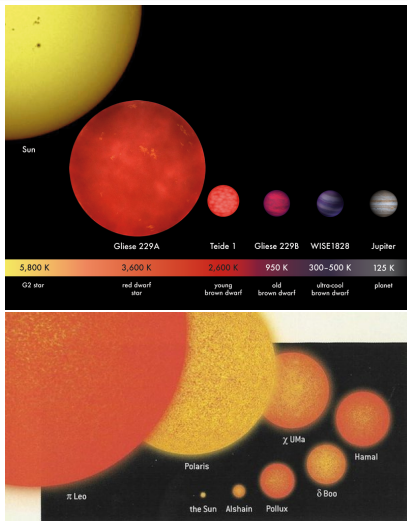


غروب نارنجی رنگ

- چون در هنگام غروب، نور خورشید از حجم بیشتری هوا عبور کرده و به ما می رسد، نورهای آبی، سبز و ... بیشتر پراکنده شده و غروب آفتاب نارنجی و یا حتی قرمز به نظر می رسد.



طیف سنجی و فاصله: درخشندگی



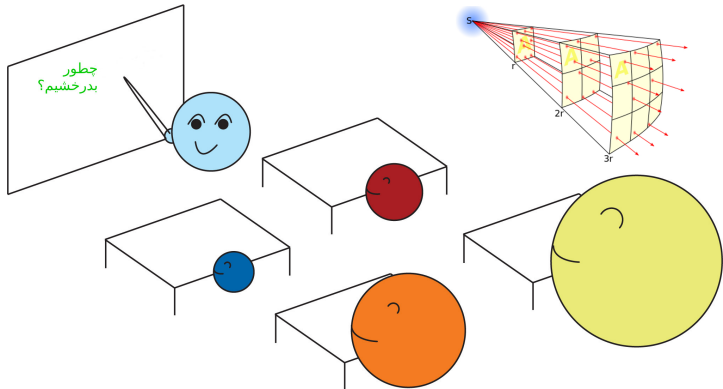
با طیف سنجی می توان اطلاعات فیزیکی بسیاری درباره ستارگان دریافت. هرچند، اگر اطلاعات طیف سنجی را همراه با مقدار فاصله ستاره داشته باشیم، نتایج به دست آمده فوق العاده خواهند بود.

در واقع می توان قدر ظاهری ستاره را با تلسکوپ اندازه گیری کرد. سپس، با اندازه گیری فاصله می توان مقدار انرژی واقعی تابش شده توسط ستاره بر واحد زمان را یافت. منجمین این کمیت را درخشندگی نامیده و درخشندگی هر جرم را بر حسب مقدار درخشندگی خورشید اندازه می گیرند.

چرا درخشندگی مهم است؟ پاسخ: یک ستاره ذاتا کم نور می تواند در نزدیکی ما بوده و پرنور به نظر برسد. از طرفی، اگر یک ستاره ذاتا پرنور از ما بسیار دور باشد، کم نور به نظر خواهد رسید. ولی با محاسبه درخشندگی می توان شدت نور واقعی تابش شده توسط ستارگان را اندازه گرفت.

درخشندگی

- در فیزیک به جای واژه درخشندگی از توان استفاده کرده و از واحد وات (ژول بر ثانیه) برای اندازه گیری آن استفاده می کنند.
- فهم درخشندگی، که از ترکیب درک ما از طیف ستاره و فاصله آن نتیجه می شود، بدون اغراق کلید فهم ما از ستارگان است.



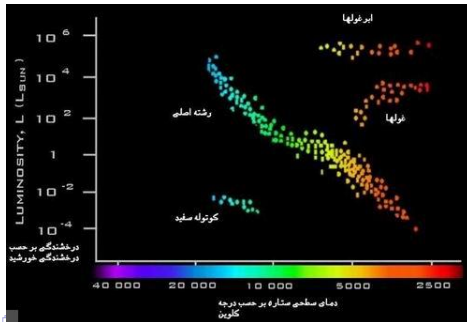
فهم ویژگی های فیزیکی ستارگان

- بسیاری از ویژگی های فیزیکی ستارگان به همدیگر مربوط هستند.
- مثلا درخشندگی یک ستاره به اندازه آن و دمایش بستگی دارد. بنابراین، اگر دو ستاره هم اندازه باشند، ولی یکی دمای بیشتری داشته باشد، ستاره داغ تر درخشنده تر خواهد بود. از طرفی، اگر دو ستاره هم دما باشند ولی یکی بزرگتر باشد، ستاره بزرگتر درخشان تر خواهد بود.
- فهم دما و فاصله ستارگان به معنی فهم بسیاری از جزییات آنان است.

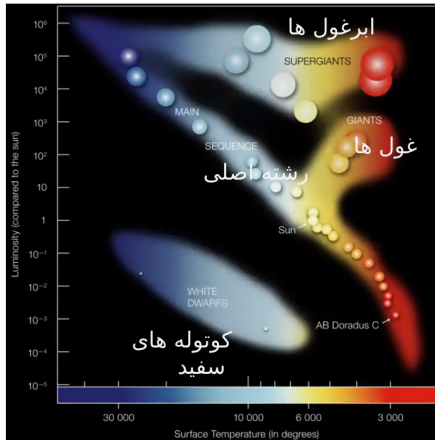


کوهی از داده!

- یک قرن پیش، طیف صدها هزار ستاره اندازه گیری شد. پرسش اساسی که اکنون منجمین با آن روبرو بودند این بود که چطور چنین حجم عظیم اطلاعات ستارگان را بررسی کنیم؟
- پاسخ: بهترین راه برای مطالعه یک حجم عظیم داده این است که به دنبال روندهای مشابه (روابط، الگوها و ...) در بین داده ها بگردیم.
- مثلاً، در بین ستارگان می توان به این موضوعات فکر کرد: آیا رابطه ای بین رنگ ستاره و فاصله آن وجود دارد؟ آیا رابطه ای بین دما و اندازه ستاره وجود دارد؟ و غیره. اگر در این بین رابطه مشخصی بین این اطلاعات پیدا کردیم، به این معنی است که به فهم ستارگان نزدیک شده ایم.



نمودار هرتسپرونگ-راسل



تقریباً یک قرن پیش، آقایان هرتسپرونگ و راسل این ایده را اجرایی کرده و به نمودار بسیار مهمی دست یافتند. این شکل که نمودار هرتسپرونگ-راسل (و یا نمودار HR) نامیده می شود، یکی از مهم ترین نتایج اختریفی است (اگر مهم ترین نباشد!).

نمودار هرتسپرونگ-راسل درخشندگی ستارگان (محور عمودی) را بر حسب دمای آن (محور افقی) بیان می کند. الگوی مطرح شده در این نمودار بسیار منظم است.

در نمودار هرتسپرونگ-راسل، ستارگان با درخشندگی زیاد در بالای نمودار قرار دارند در حالی که ستارگان کم نور در پایین قرار گرفته اند.

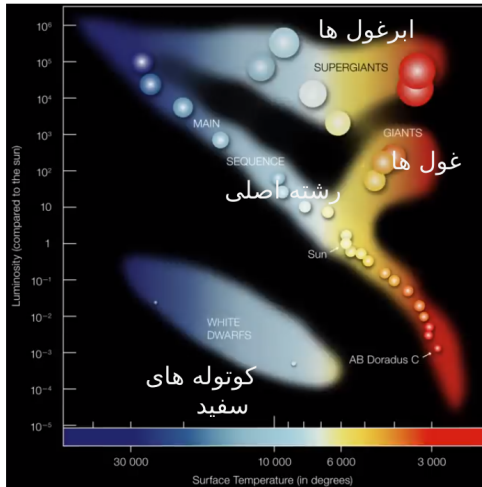
همچنین، ستارگان داغ و آبی در سمت چپ نمودار و ستارگان کم دمای قرمز در سمت راست نمودار می باشند.

نمودار هرتسپرونگ-راسل

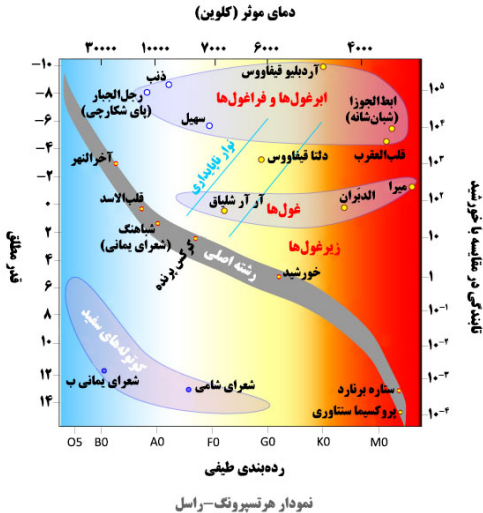
گروه های ستاره در این نمودار کاملاً مشخص هستند:

- ۱ ستارگان موجود در قطر نمودار که به ستارگان رشته اصلی معروف اند.
- ۲ ستارگان موجود در توده بالای نمودار که ستارگان ابرغول هستند.
- ۳ ستارگان موجود در توده سمت راست نمودار که به ستارگان غول معروفند.
- ۴ ستارگان موجود در توده سمت چپ و پایین نمودار که ستارگان کوتوله سفیدند.

نمودار هرتسپرونگ-راسل مسیر زندگی ستارگان را نشان می دهد.



رشته اصلی

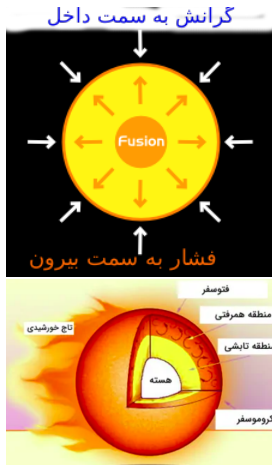


بیشتر ستارگان در رشته اصلی حضور دارند و این قسمت به همین دلیل رشته "اصلی" نامیده می شود. توجه: رشته اصلی توالی در تحول ستارگان را نشان نمی دهد.

دلیل اینکه رشته اصلی یک محور ضخیم و طولانی است (از کمترین دما تا بیشترین دما و از کمترین درخشندگی تا بیشترین درخشندگی ادامه دارد)، به چگونگی تولید انرژی در ستارگان برمی گردد. مانند خورشید، اکثر ستارگان دیگر هم با همجوشی هیدروژن به هلیوم در هسته خود انرژی تولید می کنند.

ستارگانی که فرایند همجوشی هیدروژن را سریعتر انجام دهند، داغ تر خواهند بود؛ زیرا انرژی بیشتری تولید خواهند کرد.

فشار مهم است!



آهنگ همجوشی در هسته ستاره به فشار موجود در هسته ربط دارد.

ستارگان پرجرمتر در هسته خود فشار بسیار بیشتری احساس می کنند؛ در نتیجه مواد موجود در هسته متراکم شده و سریعتر انرژی تولید می شود. از طرفی، فرایند تولید انرژی در ستارگان کم جرمتر کندتر پیش می رود چون فشار موجود در هسته کمتر است.

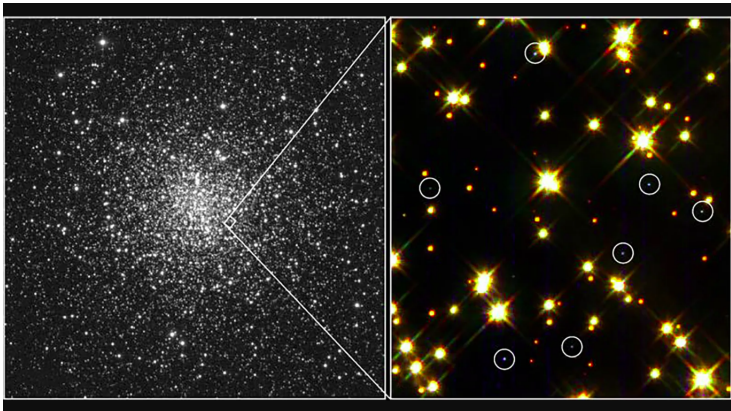
این فرایند پایه درک رشته اصلی است: بیشتر عمر ستارگان به تبدیل هیدروژن به هلیوم (همجوشی) می گذرد. به همین دلیل بیشتر ستارگان در رشته اصلی قرار دارند.

ستارگان پرجرم، داغ تر و درخشان ترند؛ به همین دلیل در قسمت بالا، سمت چپ، رشته اصلی قرار می گیرند. ستارگان کم جرم سردتر و کم نورترند (قرمز رنگ)؛ به همین دلیل در قسمت پایین، سمت راست، رشته اصلی قرار می گیرند.

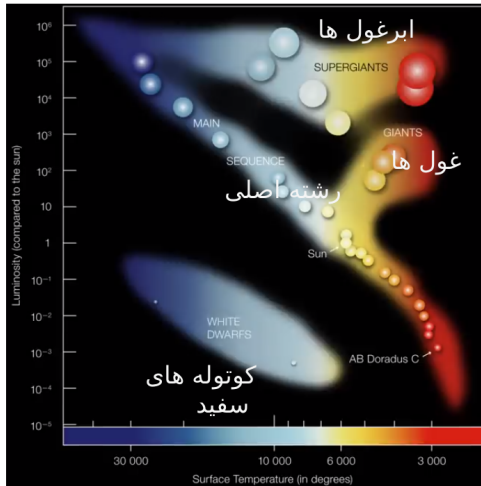
خورشید نزدیک به مرکز رشته اصلی قرار دارد.

کوتوله های سفید

- ستارگان موجود در پایین و سمت چپ نمودار کوتوله های سفیدند. این ستارگان داغ، به رنگ سفید-آبی و بسیار کم نورند. بنابراین، باید از لحاظ قطر کوچک باشند.
- کوتوله های سفید در اثر تحول ستارگانی مانند خورشید (اتمام هیدروژن این نوع ستارگان) به وجود می آیند. در یکی از درس های بعدی کوتوله های سفید را بررسی خواهیم کرد.



غول ها و ابر غول ها



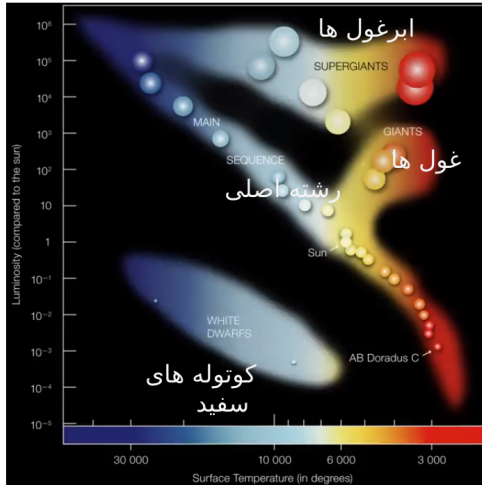
ستارگان موجود در سمت راست نمودار (کمی بالا) درخشان ولی سردند. بنابراین این ستارگان باید عظیم باشند. این ستارگان را غول های قرمز می نامیم که قسمتی از مرگ ستارگانی مانند خورشیدند.

در قسمت بالاتر، ابرغول های قرمز قرار دارند که ستارگانی پرجرم اند که در ابتدای فرایند مرگ خود قرار دارند.

در قسمت بالا و سمت چپ نمودار، ابرغول های آبی قرار دارند که ستارگانی کمیاب اند. این ها نیز نتیجه مرگ برخی ستارگان اند و بسیاری عناصر مهم در اثر مرگ آنان در فضا پخش می شوند.

زندگی و تحول این ستارگان را در بخش های بعدی بررسی خواهیم کرد.

ستارگان می توانند در نمودار HR جایجا شوند!



ستارگان در دوره های مختلف تحول خود در قسمت های مختلف نمودار هرتسپرونگ-راسل قرار می گیرند.

همچنین، عمر ستارگان پرجرم و ستارگان کم جرم کاملاً متفاوت است و در فرایند مرگ خود به قسمت های متفاوتی از نمودار هرتسپرونگ-راسل منتقل می شوند.

نمودار هرتسپرونگ-راسل به ما کمک می کند که با یک نگاه ساده بگوییم ستاره در چه مرحله ای از عمر خود قرار دارد و تحول احتمالی آن به چه صورت است.

فهم اختلاف در تحول ستارگان کم جرم و پرجرم، و روند زندگی و مرگ کاملاً متفاوت آنها، به ما کمک می کند پدیده های آسمانی را بهتر بفهمیم.

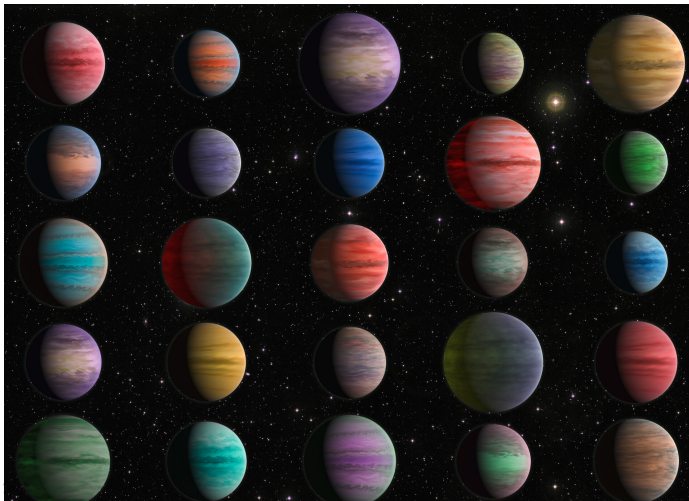
نکات مهم این درس

انتظار این است که در انتهای این درس شما بتوانید مفاهیم پایه ستارگان و به ویژه نمودار هرتسپرونگ-راسل را بیان کنید. همچنین، انتظار می رود که بتوانید پرسش های زیر را پاسخ گوید:

- ۱ عکاسی نجومی و طیف سنجی ستارگان چگونه به پیشبرد دانش نجوم کمک کرده اند؟
 - ۲ دو عامل اصلی در طیف یک ستاره را نام ببرید.
 - ۳ طیف گسیلی و جذبی را توضیح دهید. کدامیک در اثر وجود اتم ها در جو ستاره دیده می شود؟
 - ۴ رده بندی طیفی ستارگان را توضیح دهید. نقش سَک، کانن، پلانک، ساها و گپاشکین را توضیح دهید.
 - ۵ گروه های مختلف ستاره (در رده بندی طیفی) را به ترتیب نام برده و بیان کنید که هر زیرگروه چند بخش دارد؟
 - ۶ قانون تابش جسم سیاه درباره تابش یک ستاره چه می گوید؟
 - ۷ رابطه بین دماهای کلین و سانتی گراد را بنویسید.
 - ۸ خورشید چه نوع ستاره ای است؟
 - ۹ ستارگان می توانند به چه رنگ هایی باشند؟
 - ۱۰ چرا ستارگان به رنگ سبز دیده نمی شوند؟
 - ۱۱ رنگ واقعی خورشید چیست؟ چرا خورشید کمی زرد رنگ دیده می شود؟
 - ۱۲ چرا آسمان آبی رنگ و غروب نارنجی رنگ است؟
 - ۱۳ درخشندگی چیست؟ چرا مقدار درخشندگی ستارگان برای ما مهم است؟
 - ۱۴ واحد درخشندگی در نجوم چیست؟ واحد درخشندگی در فیزیک چیست؟
 - ۱۵ اگر دو ستاره هم اندازه بوده ولی دمای یکی بیشتر باشد، کدامیک درخشنده تر خواهد بود؟
 - ۱۶ اگر دو ستاره هم دما بوده ولی یکی بزرگتر باشد، کدامیک درخشنده تر خواهد بود؟
 - ۱۷ محورهای افقی و عمودی در نمودار هرتسپرونگ-راسل چه کمیت هایی را نشان می دهند؟
 - ۱۸ ستارگان با درخشندگی زیاد و کم به ترتیب در کدام قسمت های نمودار هرتسپرونگ-راسل قرار دارند؟
 - ۱۹ ستارگان با دمای زیاد و کم به ترتیب در کدام قسمت های نمودار هرتسپرونگ-راسل قرار دارند؟
 - ۲۰ چهار گروه اصلی ستارگان در نمودار هرتسپرونگ-راسل را نام برده و مکان آنها در این نمودار را بیان کنید.
- اگر درباره هرکدام از مفاهیم یاد شده بالا مشکلی احساس می کنید، می توانید درس را یک بار دیگر مرور کنید.

مبحث بعدی: سیارات فراخورشیدی

پیش از آشنا شدن با انواع ستارگان و تحول آنها به صورت دقیق تر، در جلسه بعد با سیارات فراخورشیدی آشنا خواهیم شد.



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.