

# ۱۲ گام

## از خانه تا کیهان را در ۱۲ گام سفر کنید

تهیه و تنظیم:

محمد همایون



ستاره شناس

یکی از سوالات مهم در شناختِ عالم این است که "موقعیتِ ما در این کیهانِ عظیم، کجاست؟" چه از نظر مکانی و چه از نظر زمانی.

همه می دانیم که ما در "کهکشان راه شیری" قرار داریم با قطر صد هزار سال نوری، و از طرفی توانسته ایم تا فاصله‌ی ۱۳/۴ میلیارد سال نوری را ببینیم؛ و مطمئنیم که اندازه‌ی کیهان چندین برابر این عدد است. ولی نکته‌ی مهم این است که تصور و تجسم درست و ملموسی از این ابعاد و اندازه‌ها نداریم. خصوصاً وقتی با اعداد نجومی زیادی سرو کار داشته باشیم، عظمت آن‌ها در نظرمان از دست می‌رود. برای آن که بتوانیم این مشکل را حل کنیم، بهترین کار استفاده از مقیاس‌های مختلف و کوچک کردن اندازه‌های نجومی و مقایسه‌ی آن‌ها با ابعاد و اشیائی است که در زندگی روزمره با آن‌ها سرو کار داریم. هر چه قدر این نسبت‌ها و مقایسه‌ها برای ذهن ما آشنا تر باشد، بهتر می‌توانیم به ابعاد واقعی عالم و جایگاه خود در آن پی ببریم.

در این درس قصد دارم با استفاده از نسبت‌های ۱۰۰ برابر و روش "۱۲ گام" موقعیت خودمان را در کیهان



مشخص کنیم. برای این کار از یک مکان شاخص و عمومی با اندازه‌های معمولی که آشنای همه هم هست، شروع می‌کنیم و در هر گام (یا مرحله) وسعت دید خود را ۱۰۰ مرتبه افزایش می‌دهیم. پس از ۱۲ گام به بزرگترین ساختارهای عالم می‌رسیم و می‌توانیم درک کنیم این کیهان عظیم از چه ساخته شده و ما کجای آن قرار داریم.

علاوه بر این هر جا که نیاز بود از مقیاس‌های دیگر که کمک کننده باشند هم برای بیان نسبت‌ها و بزرگی‌های عالم استفاده خواهیم کرد.

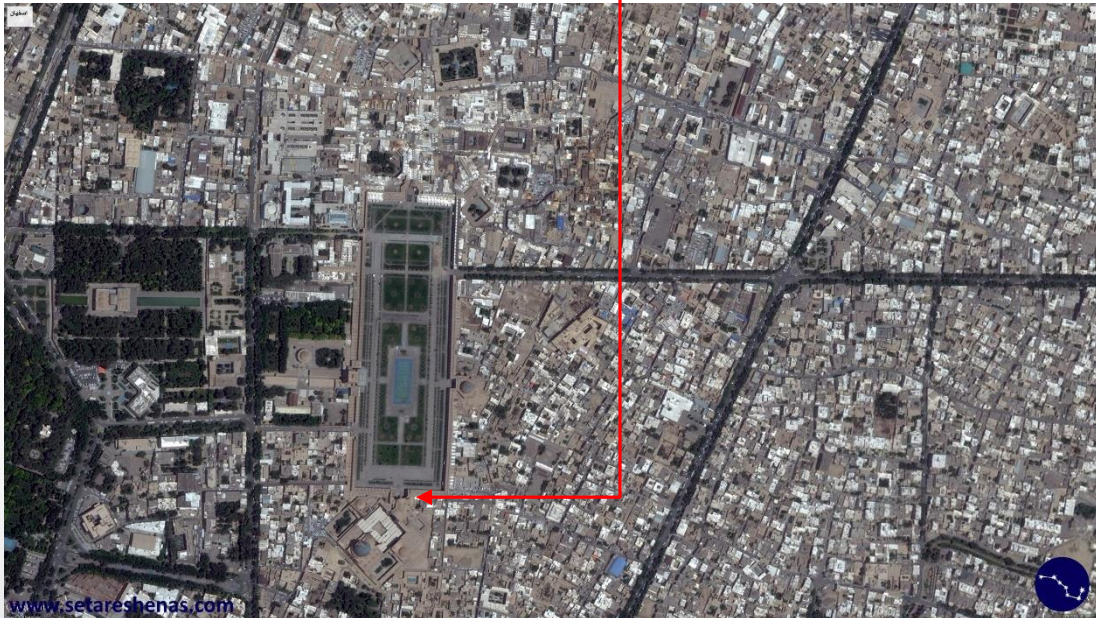
### کمر بندها را ببندید:

به ناحیه‌ی مرکزی ایران می‌رویم و سفر کیهانی خود را از میدان نقش جهان اصفهان، و از مقابل ورودی مسجد تاریخی امام (مسجد جامع عباسی) شروع می‌کنیم:

در این عکس ساختمان‌ها و اندازه‌ی انسان‌ها به راحتی قابل مشاهده‌اند و می‌توان هندسه‌ی ساختمان‌ها را تشخیص داد. فاصله‌ی بین مناره‌های ورودی مسجد تقریباً ۱۹ متر است و معیار گام‌های بعدی ما را تشکیل می‌دهد؛ تا با ۱۰۰ برابر کردن آن در هر گام ببینیم بر سر اندازه‌ها و اجسام قابل مشاهده چه اتفاقی می‌افتد.

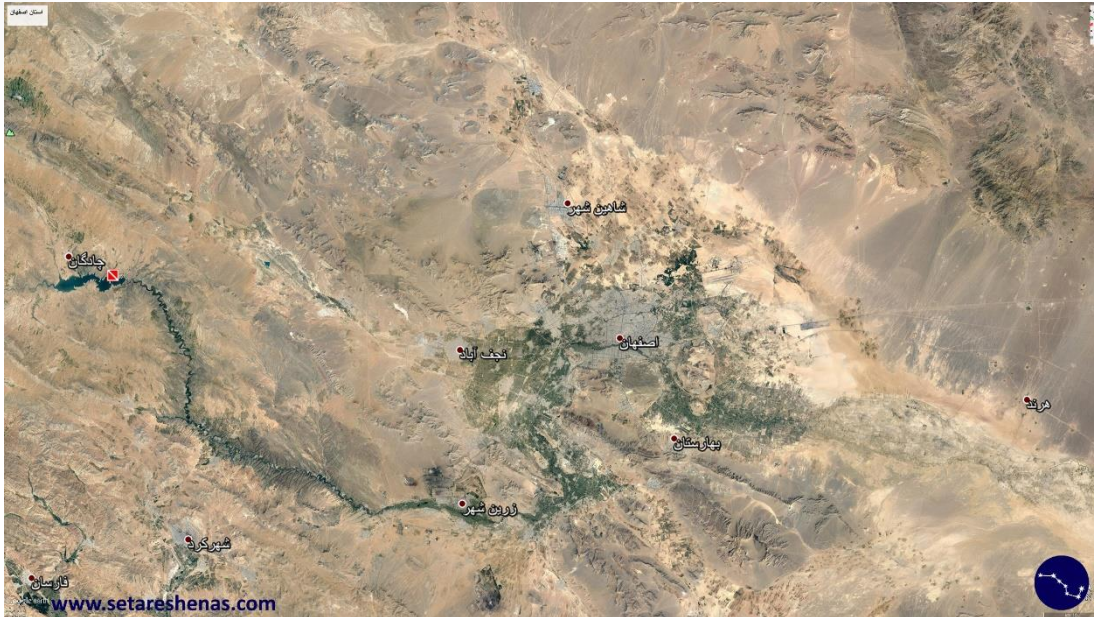
## گام اول:

با اولین ۱۰۰ برابر کردن میدان دید خود کافی است به فضایی از اصفهان نگاه کنیم با طول ۱۹۰۰ متر. در این حال به زحمت می‌توان مناره‌های مسجد را در ضلع پایینی میدان نقش جهان تشخیص داد. در عوض کل میدان که طول آن ۵۰۰ متر است به راحتی مشاهده می‌شود. دیگر اثری از انسان‌ها نیست و اتومبیل‌ها نقاط ریزی در خیابان‌ها دیده می‌شوند؛ اما ساختمان‌های بزرگ را می‌توان تشخیص داد:



## گام دوم:

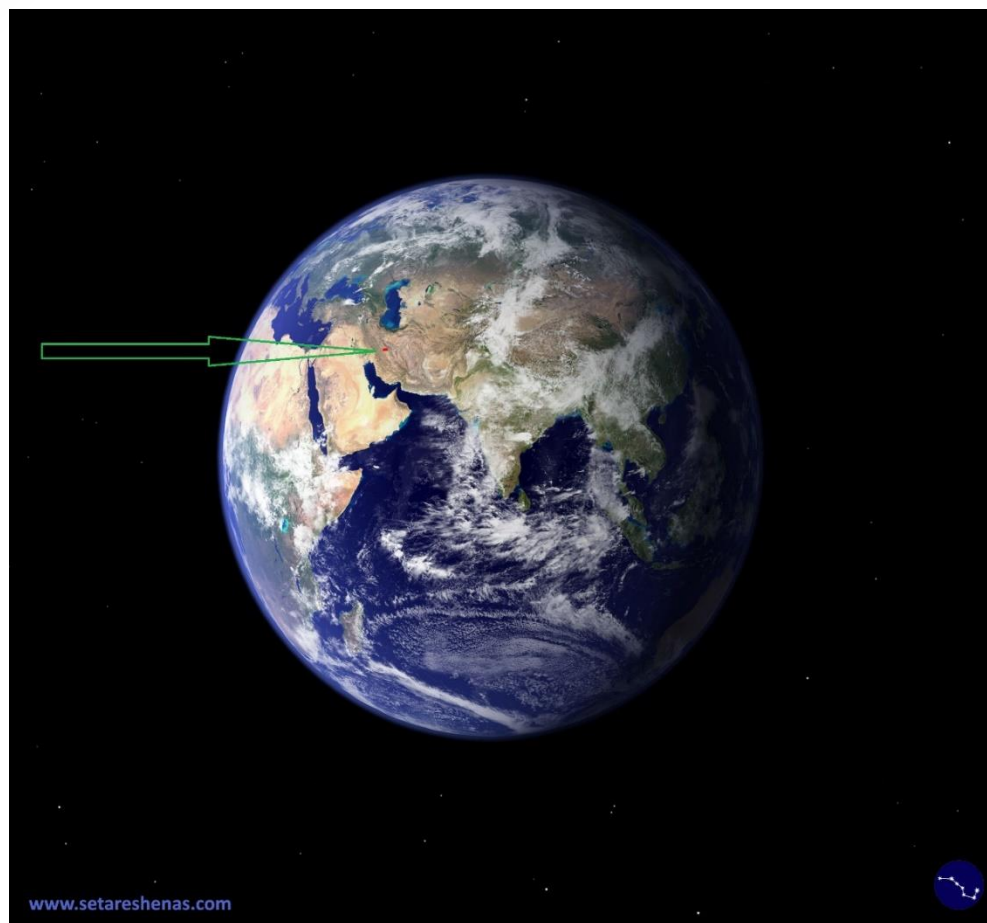
میدان دید خود را ۱۰۰ برابر می‌کنیم تا گام دوم را برداریم. به سرزمینی از کشورمان به پهنای ۱۹۰ کیلومتر می‌رسیم که قسمت وسیعی از استان اصفهان را دربر می‌گیرد. دیگر اثری از میدان نقش جهان و ساختمان‌ها نیست. شهرها را می‌توان به صورت لکه‌هایی بی‌نظم مشاهده کرد. در عوض عوارض زمینی شامل دشت‌ها، کوه‌ها و رودخانه‌ها قابل مشاهده‌اند. پیچ و خم‌های زاینده رود و دریاچه‌ی بالادست آن را به راحتی در سمت چپ تصویر ببینید:



نکته‌ی مهمی که در این صحنه می‌توان به آن توجه کرد و در گام‌های بعدی هم وجود دارد، آثار حرکت، تغییر و دگرگونی است. حرکت آب‌ها و ابرها، رشد درختان، فرسایش کوه‌ها و دشت‌ها؛ از جمله‌ی بارزترین تغییرات و دگرگونی‌های طبیعت زمینی هستند. در واقع اصل جدانشدنی از طبیعت تا کل عالم و در گام آخر همین تغییر و تحول و دگرگونی است.

## گام سوم:

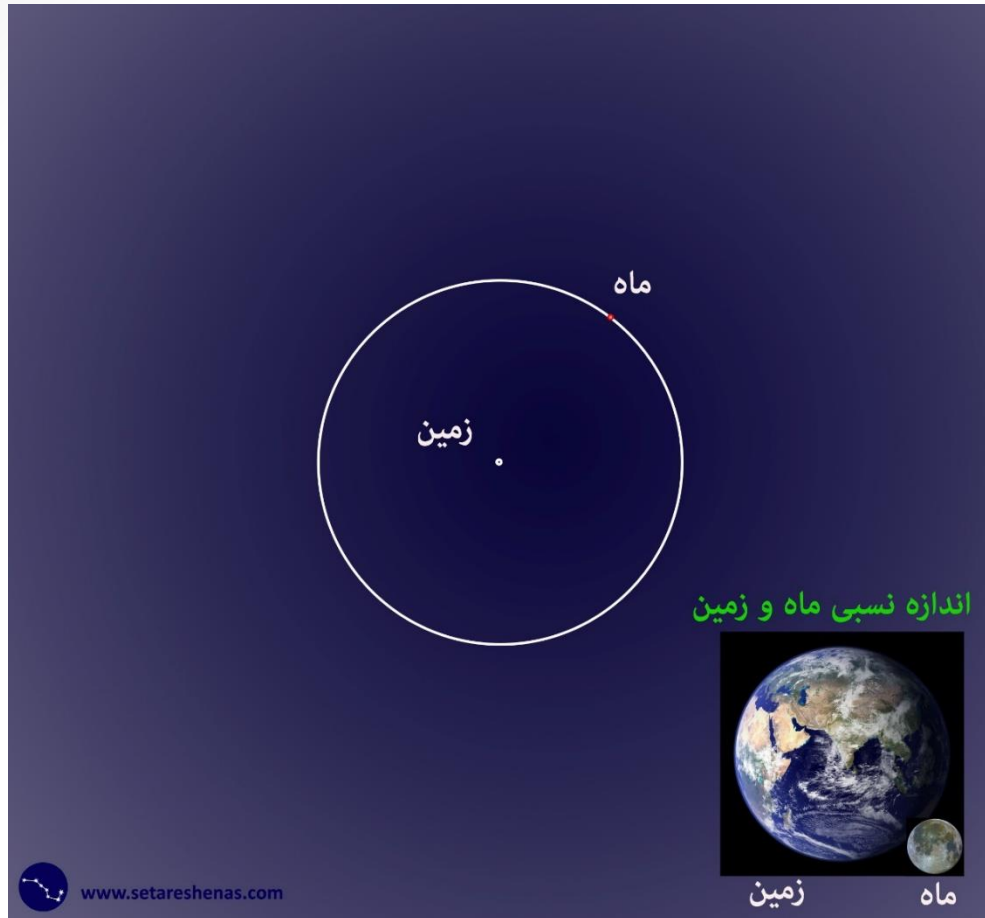
قطر زمین به طور میانگین، ۱۲۷۴۲ کیلومتر است، چیزی حدود ۱۲۷۰۰ کیلومتر. گام سوم ما در سفر به کیهان عرصه‌ای به پهنای ۱۹۰۰۰ کیلومتر را در بر می‌گیرد که سیاره‌ی مسکونی ما را در فضا، آن طور که از فضاپیماها قابل مشاهده است، به ما نشان می‌دهد. خلیج فارس، ایران و دریای خزر را می‌توان به راحتی تشخیص داد، ولی دیگر اثری از اصفهان و زاینده رود نیست:



زمین کره‌ای است جامد با تغییرات و دگرگونی‌های فراوان داخلی و سطحی و جوّی؛ که بخشی از آن را در این عکس می‌بینیم. شاید بتوانید ضخامت جوّ زمین را به صورت لایه‌ای نازک به رنگ آبی گرداگرد زمین مشاهده کنید. همیشه یک طرف زمین روشن است، که با چرخش روزانه‌ی آن تمام قسمت‌های زمین روز و شب را تجربه می‌کنند. مرز روشنی و تاریکی را که در سمت راست می‌بینید در واقع خط غروب خورشید است که به آرامی از شرق آسیا به سمت غرب می‌آید تا ایران را هم وارد شب کند.

## گام چهارم:

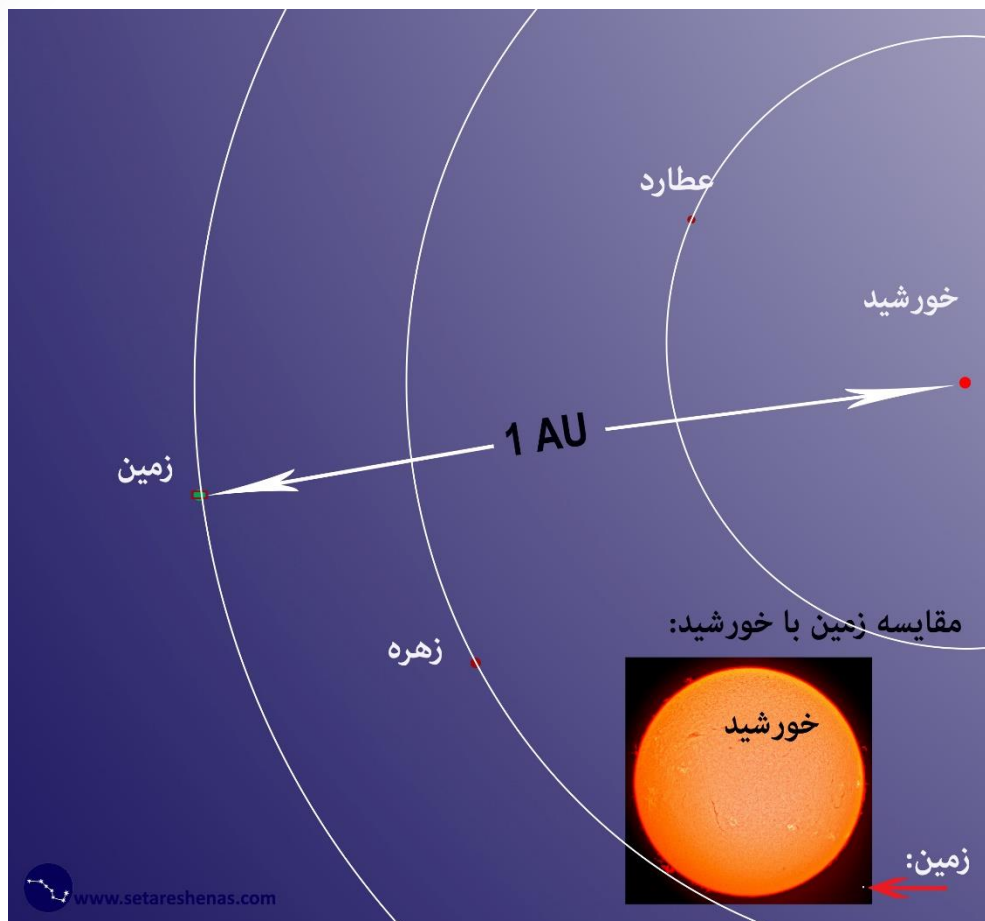
میدان دید خود را ۱۰۰ مرتبه‌ی دیگر بزرگ می‌کنیم تا اولین همسایه‌ی فضایی، به تصویرمان اضافه شود. در واقع در این مقیاس، زمین به صورت نقطه‌ای کوچک مشاهده می‌شود و ماه که قطرش یک چهارم زمین است، از نقطه هم ریزتر خواهد بود:



پهنای این تصویر ۱,۹۰۰,۰۰۰ کیلومتر است، در حالی که قطر مدار ماه حدود ۷۶۰,۰۰۰ کیلومتر است. ماه کره‌ای است جامد به قطر حدود ۳۴۷۴ کیلومتر که در فاصله‌ی متوسط ۳۸۰,۰۰۰ کیلومتری زمین در حال گردش به دور آن است. در کادر پایینی، اندازه‌ی نسبی زمین و ماه را در مقیاس واقعی آورده‌ایم تا بهتر بتوان آن‌ها را تجسم کرد. بر اساس قوانین حرکت مداری کیپلر، مدار ماه به دور زمین، و همچنین مدار سیارات به گرد خورشید بیضی‌هایی است نزدیک به دایره؛ که البته در این مقیاس بندی سفر ما شاید کشیدگی آن‌ها احساس نشوند. و خورشید یا سیاره در یکی از کانون‌های این بیضی قرار دارد.

## گام پنجم:

هنگامی که با ضریب ۱۰۰ برابر قبلی گام پنجم را برداریم، به فضایی به پهنای ۱۹۰,۰۰۰,۰۰۰ کیلومتر می‌رسیم تا شاهد خورشید و دو سیاره‌ی دیگر از منظومه‌ی شمسی باشیم. در این گام خورشید را به همراه عطارد، زهره و زمین مشاهده می‌کنیم، البته نکته‌ی مهم این که فاصله‌ها در منظومه‌ی شمسی نسبت به اندازه‌ی اجرام بسیار بزرگ‌اند و در این مقیاس دیگر اندازه‌ی سیارات و حتی خورشید قابل نمایش نیستند، و نقاط روی تصویر فقط برای نشان دادن موقعیت‌شان است:

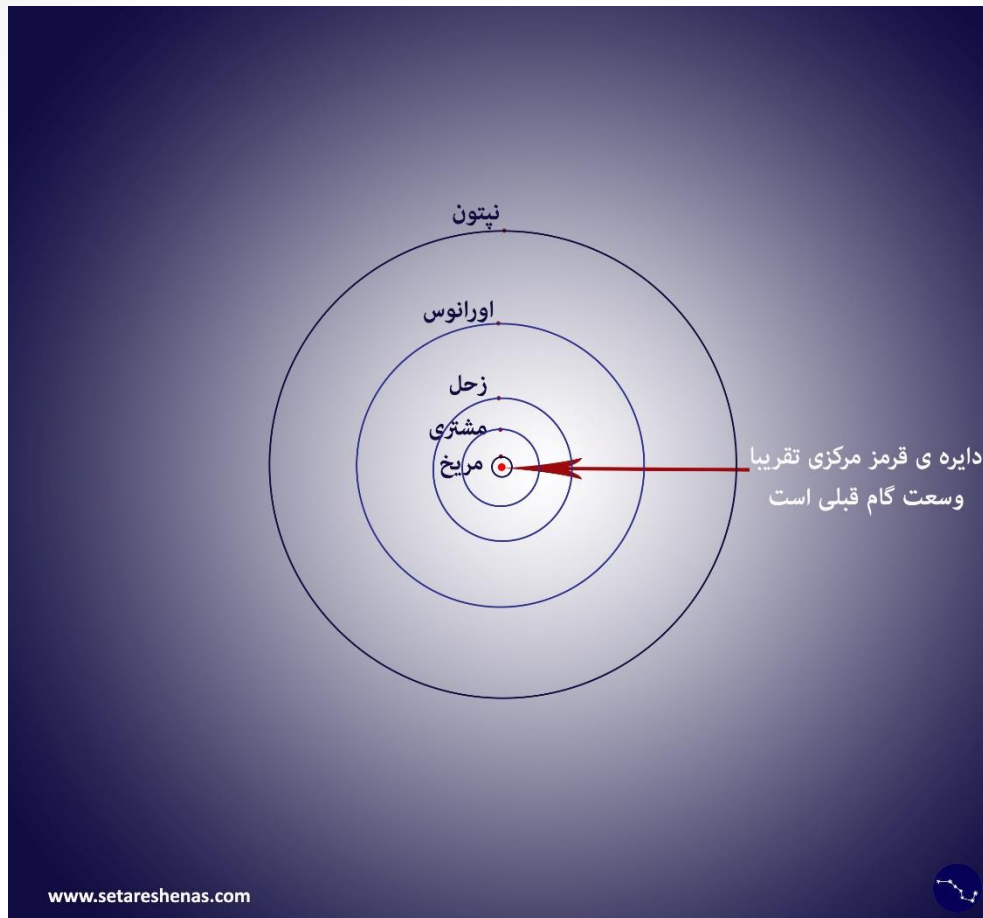


در منظومه‌ی شمسی فواصل به قدری بزرگ می‌شوند که دیگر واحد کیلومتر کاربردی ندارد، و برای بیان فاصله‌ها از یک واحد بزرگ‌تر مسافت به نام **واحد نجومی** استفاده می‌کنند. "واحد نجومی (AU)" عبارتست از فاصله‌ی متوسط زمین تا خورشید که برابر ۱۵۰ میلیون کیلومتر است. در این صورت عطارد در فاصله‌ی  $0.39 \text{ AU}$  و سیاره‌ی زهره هم در  $0.72 \text{ AU}$  قرار دارند. در تصویر این گام، اندازه‌ها به قدری وسیع‌اند که حتی مدار ماه به دور زمین هم قابل تشخیص نیست.

نکته‌ی جالب این که قطر خورشید ۱۰۹ برابر قطر زمین است و در تصویر کادر کوچک، زمین در کنار خورشید حتی یک نقطه هم نخواهد بود.

## گام ششم:

میدان دید خود را ۱۰۰ مرتبه بزرگ می‌کنیم تا به پهنای ۱۹ میلیارد کیلومتری برسیم. واقعا بزرگ است! جایی است که دیگر نمی‌توان مدار سیارات داخلی و حتی مدار زمین را هم تفکیک کرد. عرصه‌ای که کل سیارات منظومه را در خود جای می‌دهد:



دورترین سیاره، نپتون است با فاصله‌ی متوسط ۳۰ واحد نجومی یا ۴/۵ میلیارد کیلومتر؛ یعنی قطر مداری این سیاره حدود ۹,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ کیلومتر خواهد بود.

نوری که در هر ثانیه ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر را طی می‌کند، در عرض ۸ دقیقه از خورشید به زمین می‌رسد و برای اینکه به نپتون برسد، ۴ ساعت در راه خواهد بود. در این مقیاس مدار مریخ یک دایره‌ی بسیار کوچک چسبیده به مرکز خواهد بود، ولی سیارات دوردست که شامل مشتری، زحل، اورانوس و نپتون هستند؛ در مدارهای بسیار دور به راحتی دیده می‌شوند. چهار سیاره‌ی آخر به سیارات غول پیکر و گازی معروف هستند، چون اندازه‌ی آن‌ها نسبت به سیارات جامد و خاکی بسیار بزرگ است. در ضمن این سیارات از گاز تشکیل شده‌اند و همه‌ی آن‌ها حلقه‌هایی به دور خود دارند، و البته زیباترین آن‌ها به گرد زحل در گردش‌اند. مشتری بزرگترین سیاره است با قطر کمی کمتر از یازده برابر قطر زمین است.



## گام هفتم:

احتمالا انتظار داریم که این گام نوبت ستارگان باشد، ولی فاصله‌ی آن‌ها به قدری زیاد است که با ۱۰۰ برابر کردن پهنه‌ی گام قبلی، به غیر از خورشید و فضای خالی اطراف آن، چیزی مشاهده نمی‌شود. در این مقیاس، دیگر سیارات خارجی هم قابل تشخیص نیستند و خورشید را به صورت ستاره‌ای تگ و تنها در فضا مشاهده خواهیم کرد. البته منظومه‌ی شمسی با سیارات به پایان نمی‌رسند، بلکه مجموعه‌هایی عظیم از خرده سنگ‌ها و کوه‌های یخی در دو قسمت به نام‌های کمربند کویبی‌پر و ابر اورت؛ سیارات و خورشید را فرا گرفته‌اند. پهنه‌ی این عکس ۱۹۰۰ میلیارد کیلومتر است و نور در مدت ۲۳ روز آن را طی می‌کند؛ تازه به لبه‌ی داخلی ابر اورت رسیده‌ایم.

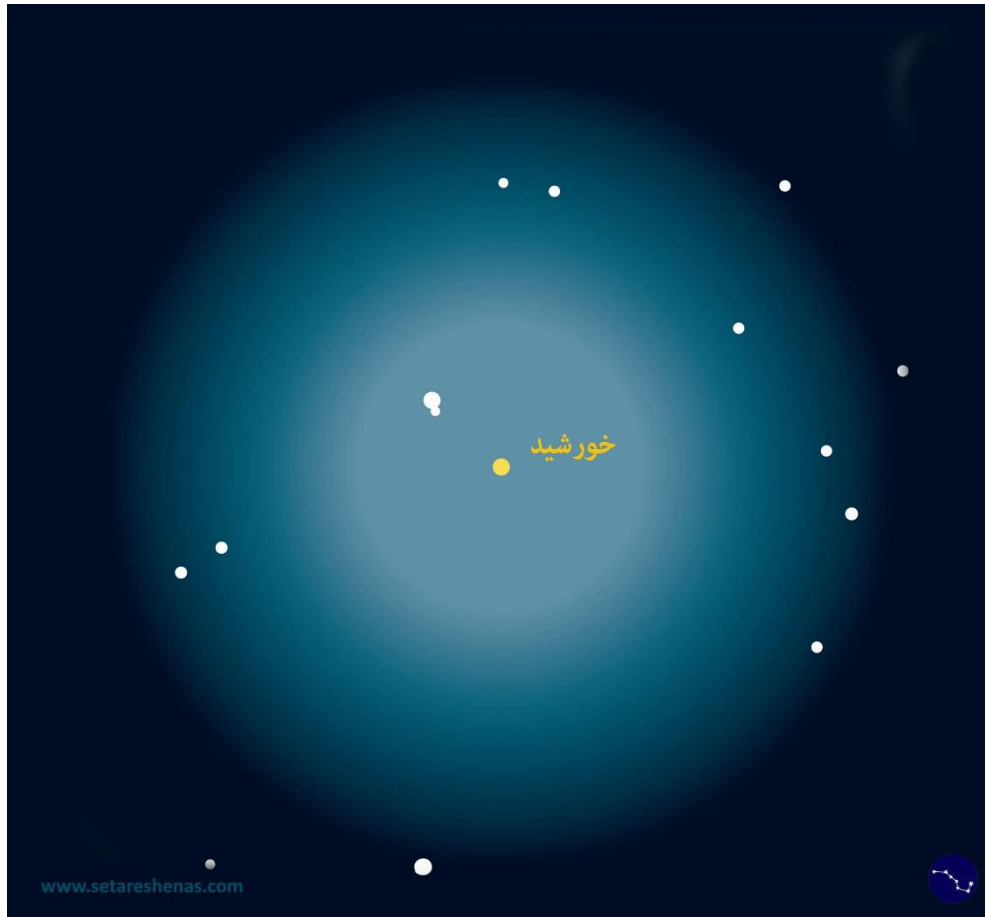


در واقع فاصله‌ی بین ستارگان بسیار بزرگ و خالی است. اگر خورشید را به اندازه‌ی یک توپ ۴ سانتی متری (پینگ پنگ) کوچک کنیم، نزدیک‌ترین ستاره به آن در فاصله‌ی ۱۳۲۰ کیلومتری قرار می‌گرفت؛ یعنی دو توپ پینگ پنگ، یکی در اصفهان و دیگری در چابهار!!

دقت کنیم که خورشید ستاره‌ای است معمولی و متوسط که از لحاظ موقعیت هم در مکانی معمولی قرار دارد. ستارگان دیگر را در فاصله‌هایی حدود ۲۰ برابر مقیاس این گام مشاهده خواهیم کرد.

## گام هشتم:

اکنون با ۱۰۰ برابر کردن میدان دیدمان، می‌توانیم ستارگان همسایه‌ی خورشید را ببینیم. پهنه‌ی این گام، کمی بیش از ۱,۲۰۰,۰۰۰ واحد نجومی است! که نمونه‌ای از فاصله‌های بین ستاره‌ای است. در این فاصله‌ها دیگر واحد نجومی هم کاربرد ندارد، و به جای آن از واحد دیگر مسافت به نام **سال نوری** استفاده می‌کنیم. یک "سال نوری (LY)" مسافتی است که نور در مدت یک سال طی می‌کند و تقریباً برابر ۹۵۰۰ میلیارد کیلومتر است!



اکنون داریم به فضایی با وسعت ۲۰ سال نوری نگاه می‌کنیم، و در این حال باز هم تعداد انگشت شماری از ستارگان را به همراه خورشیدمان می‌بینیم. توجه کنید که بزرگی این نقاط نشان دهنده‌ی نورانیت ستارگان است نه اندازه‌ی واقعی؛ چرا که از سه گام قبل، اثری از قرص خورشید را هم نمی‌توانستیم مشاهده کنیم.

حواسمان باشد که **سال نوری** واحد اندازه‌گیری مسافت است نه زمان. وجود کلمه‌ی "سال" باعث شده بعضی‌ها به اشتباه آن را واحد زمان بگیرند؛ مسافتی را که نور در یک سال می‌پیماید و در حدود ۶۳,۰۰۰ واحد نجومی است.

## گام نهم:

در نهمین گام سفرمان، خورشید و همسایگانش را ترك می‌کنیم و ناظر بر تراکم بسیار زیاد ستارگان در یکی از بازوهای کهکشان راه شیری می‌شویم؛ جایی که منظومه‌ی شمسی در آن ساکن است. در واقع اگر می‌توانستیم به چنین موقعیتی نسبت به خورشید برسیم و عرصه‌ای به وسعت ۲۰۰۰ سال نوری را مشاهده کنیم، خورشید و همسایگانش در بین جمعیت زیاد ستارگان راه شیری ناپدید می‌شدند و تصویری مشابه این عکس

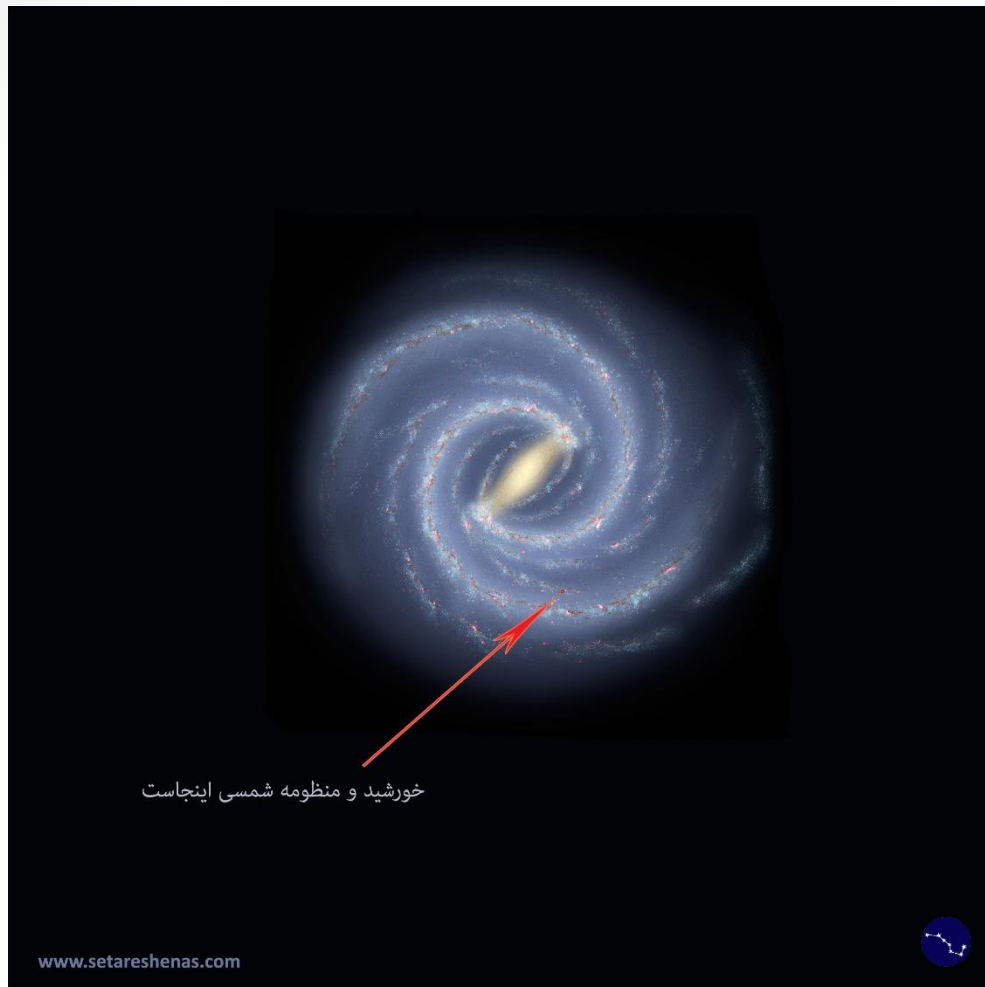


از کهکشان راه شیری را مشاهده می‌کردیم:

آنچه در این تصویر می‌بینیم، قسمت کوچکی از مجموعه ستارگان بی‌شمار راه شیری است، به همراه گاز و غبارهای بین ستاره‌ای که فضای بین ستارگان را اشغال کرده است. برایمان جالب است بدانیم که منشاء شکل گیری و تولد ستارگان همین گازها و غبارهای بین ستاره‌ای است که در بازوهای کهکشان راه شیری به وفور مشاهده می‌شوند. بررسی فرآیندهای تولد و تحول ستارگان و چگونگی زندگی آنها در شاخه‌ای فعال و زیبا از ستاره‌شناسی مطالعه و تحقیق می‌شود به نام **اخترفیزیک**، که در درس‌های مخصوص خودش به آنها خواهیم پرداخت.

## گام دهم:

با ۱۰۰ برابر کردن دیدمان، کهکشان زیبایمان را ترك کرده و آن را از بیرون مشاهده کنیم. عرض تصویر این گام ۲۰۰,۰۰۰ سال نوری است و راه شیری را به شکل دیسک چرخانی در فضای تاریک نشان می دهد.



کهکشان مجموعه‌ای عظیم است از ستارگان بی شمار، به همراه گازها و غبارهای زیادی که در اثر نیروی گرانش همدیگر در هم تنیده شده‌اند. ستارگان در کهکشان، به صورت‌های منفرد، دو گانه و چند گانه و حتی در جمعیت‌های زیاد به صورت خوشه‌های ستاره‌ای مشاهده می شوند. علاوه بر این گازها و غبارهای موجود در بازوهای کهکشانی، غالباً به صورت توده‌هایی بسیار زیبا به نام سحابی وجود دارند که از جمله جذاب ترین اجرام آسمانی هستند. نمونه‌هایی از آنها را در ادامه‌ی این گام مشاهده می کنیم.

کهکشان‌ها در انواع مختلفی تشکیل شده و معمولاً قطرهایی بین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰,۰۰۰ سال نوری دارند. راه شیری کهکشانی است از نوع مارپیچی میله‌ای با دو بازوی اصلی که در حال گردش به دور مرکز آن می باشند. قطر آن ۱۰۰,۰۰۰ سال نوری، و خورشید در فاصله‌ی حدود ۳۰,۰۰۰ سال نوری از مرکز قرار گرفته است.

البته تصویر اصلی این گام يك طرح هنری كشيده شده براساس شواهد علمی به دست آمده از تحقیقات و مطالعات اخترشناسان است، و اگر می توانستیم آن را از بیرون نگاه كنیم بدین صورت می دیدیم. شما ضمن مطالعه ی نجوم، مشاهده می كنید كه ستاره شناسان چگونه روش های علمی را برای فهم، تجسم و به تصویر كشیدن مفاهیم و اتفاقات نجومی به كار می برند.



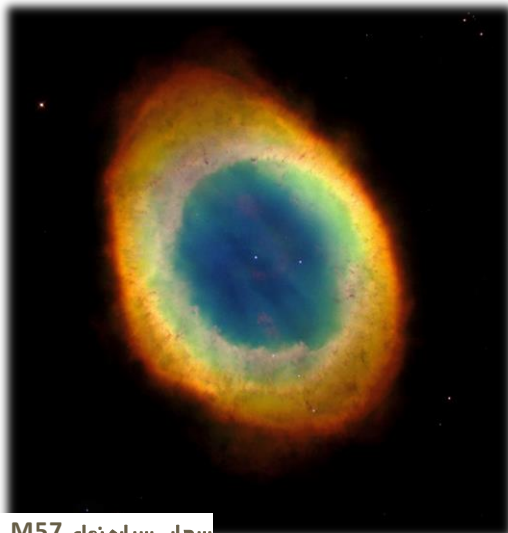
خوشه ی كروی جاڤے



خوشه ی باز پروین



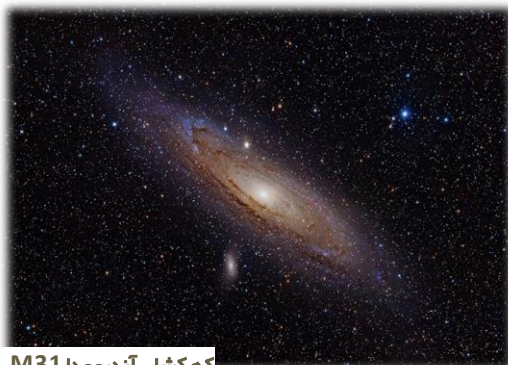
سحابی بزرگ جبار



سحابی سیاره نمای M57



كهكشان گرداب M51

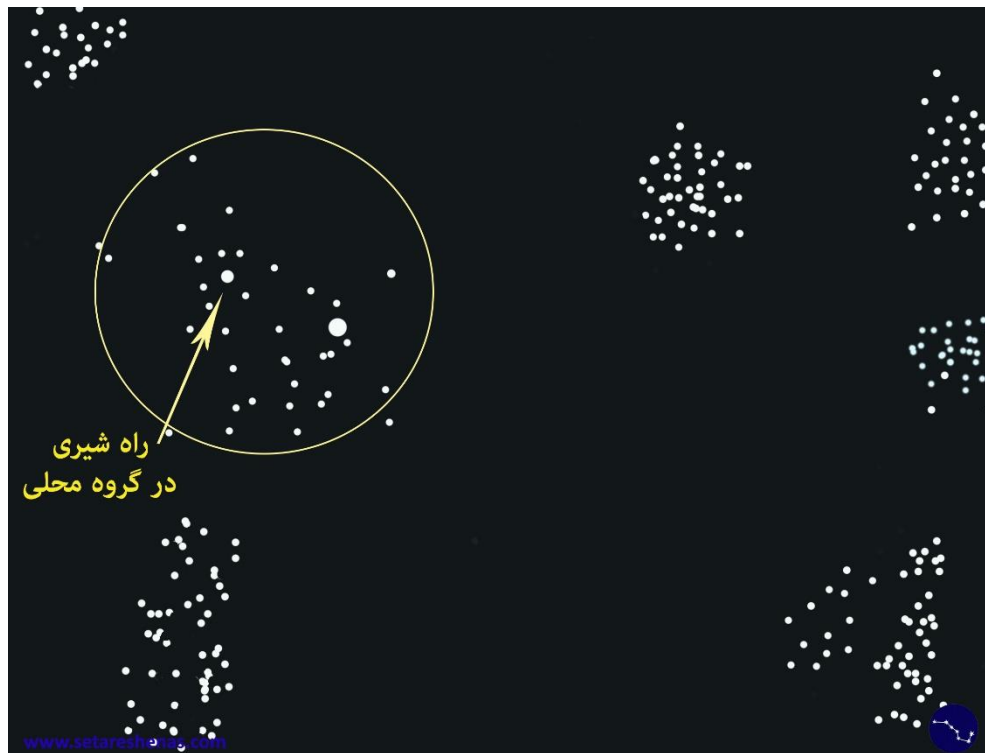


كهكشان آندرومدا M31



## گام یازدهم:

مشاهده‌ی کهکشان‌های دیگر با ۱۰۰ برابر کردن تصویر قبل امکان پذیر است. در این حالت راه شیری در فضایی به پهنای ۲۰,۰۰۰,۰۰۰ سال نوری به همراه تعداد زیادی از کهکشان‌های مجاورش، دیده می‌شوند. در این گام، هر نقطه نشانه‌ی یک کهکشان است که به خاطر وسعت زیاد تصویر نمی‌توان جزئیات آن‌ها را مشاهده کرد. راه شیری به همراه چند کهکشان دیگر تشکیل یک گروه کهکشانی می‌دهند به نام **گروه محلی**. کهکشان‌های این گروه در اثر نیروی گرانش همدیگر در کنار هم قرار گرفته و حرکت‌هایی در اطراف هم دارند، دو عضو بزرگ و اصلی آن‌ها راه شیری و کهکشان آندرومدا است.

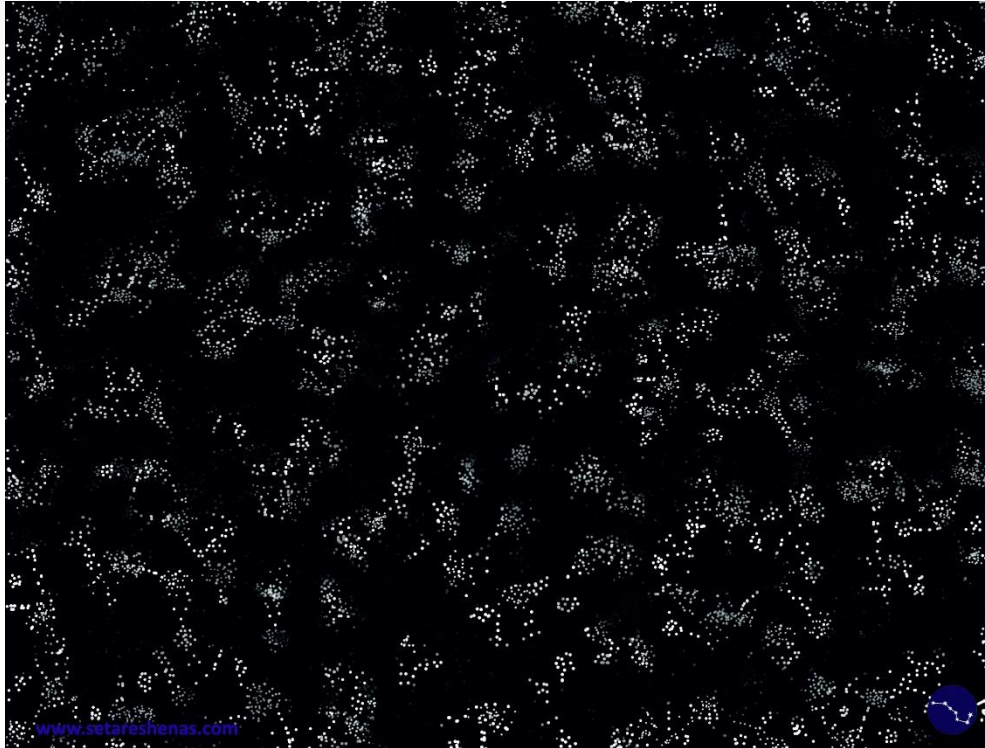


البته در این تصویر گروه محلی را به همراه تعداد دیگری از خوشه‌های کهکشانی مجاور می‌بینیم که همگی با هم قسمتی از یک **آبرخوشه‌ی بسیار بزرگ** به نام **آبرخوشه‌ی سنبله** را تشکیل می‌دهند. کهکشان‌ها انواع مختلفی دارند، بعضی همچون راه شیری و آندرومدا از ساختارهای زیبای مارپیچی تشکیل یافته‌اند و برخی دیگر ساختار منظمی نداشته و به کهکشان‌های نامنظم معروفند. در درس‌های دیگر یاد می‌گیریم که چه فرآیندهایی باعث به وجود آمدن این تفاوت‌ها می‌شوند.

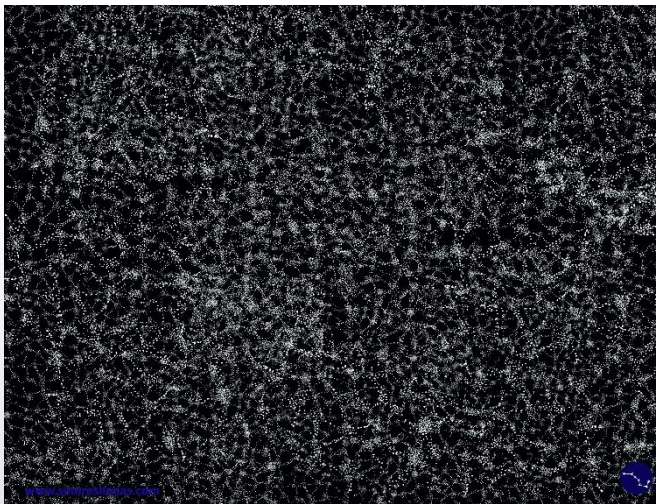


## گام دوازدهم:

اگر دوازدهمین گام ۱۰۰ برابر را برداریم در فضایی به وسعت ۲ میلیارد سال نوری تعداد زیادی نواحی نورانی مشاهده می‌کنیم که هر کدام ابرخوشه‌هایی از خوشه‌های کهکشانی هستند؛ و کهکشان‌های عالم در این گروه‌ها و ابرخوشه‌ها جای گرفته‌اند.



تحقیقات نشان داده که ابرخوشه‌ها هم با اتصال به هم تشکیل شبکه‌هایی را در عالم می‌دهند که به شکل رشته‌ها



و دیواره‌ها (غشاءها) پی از ابرخوشه‌ها و حفره‌هایی خالی از کهکشان می‌باشند. و این؛ بزرگترین ساختارهای موجود در عالم است که کیهان لایتناهی از آن‌ها ساخته شده است. یعنی اگر میدان دیدمان را حدود ۴۰ برابر بزرگ کنیم احتمالاً کل کیهان را به صورت ابری مه آلود از این رشته‌ها و غشاءها و حفره‌ها خواهیم دید. شناخت و کشف جزئیات این ساختارها ما را به مرزهای دانش بشری از کیهان پی انتها خواهد برد.

## تعدادی از خوشه‌های کهکشانی معروف:

### خوشه‌ی کهکشانی سنبله:

در صورت فلکی سنبله قرار دارد و فاصله‌اش از ما ۵۴ میلیون سال نوری است و بیش از ۱۵۰۰ کهکشان در خود دارد.



### خوشه‌ی کهکشانی پاندورا:

در صورت فلکی سنگتراش با فاصله‌ی ۳۵۰ میلیون سال نوری از ما قرار دارد:



### خوشه‌ی ابل ۱۶۸۹:

در فاصله‌ی ۲/۲ میلیارد سال نوری از ما و در امتداد صورت فلکی سنبله واقع شده است. یکی از بزرگترین مجموعه‌های رصد شده تا کنون است.

