

نخستین درس در ستاره شناسی - بخش چهارم

درس چهارم: دسته بندی کهکشان ها

دکتر حسین شناور



پژوهش سرای دانش آموزی امام جعفر صادق (ع) کهکشان



مدیریت آموزش و پرورش شهرستان گلبهار

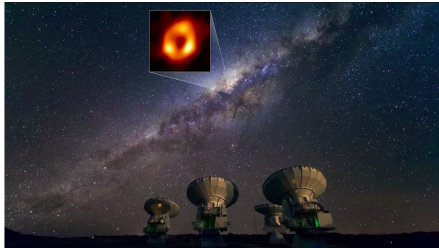
- این مجموعه درس برای آشنایی مقدماتی دانش آموزان و علاقمندان فارسی زبان با مباحث نجوم، اختر فیزیک و کیهان شناسی طراحی شده است. هدف اصلی این مجموعه درس، افزایش دانش علاقمندان به ستاره شناسی است؛ هرچند، به برخی مهارت های مربوطه نیز پرداخته خواهد شد.
- خواهشمندم هرگونه اشتباه نوشتاری، مفهومی و یا محاسباتی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

۱ درس چهارم: دسته بندی کهکشان ها

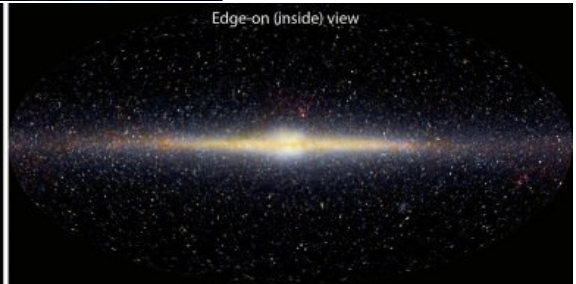
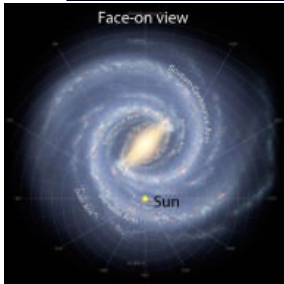
- اندازه گیری ابعاد جهان
- دسته بندی کهکشان ها

- اندازه گیری ابعاد جهان
- دسته بندی کهکشان ها

آنچه گذشت: کهکشان راه شیری



- بازوهای مارپیچی کهکشان ما
- گوی مرکزی کهکشان ما
- میله در کهکشان ما
- سیاهچاله مرکزی کهکشان ما
- هاله ستاره ای کهکشان ما



دنیا چقدر بزرگ است؟!

- این پرسش که ”دنیا چقدر بزرگ است؟“ همیشه برای انسان جذاب بوده است.
- در ابتدای قرن بیستم، و با شناخت دقیقتر منجمین از کهکشان راه شیری، این سوال بار دیگر مطرح شد. در واقع، دلیل مطرح شدن این پرسش این بود که منجمین در طبقه بندی چند جرم آسمانی واقعا دچار مشکل شده بودند. این اجرام نسبتا کم نور، مبهم و با اشکال گوناگون دیده می شدند. مثلا از نظر شکل، برخی از این اجرام دوار، برخی کشیده و برخی دارای بازوی مارپیچی بودند.
- این اجرام، حتی با بزرگترین تلسکوپ ها گازی به نظر می رسیدند. بنابراین معمولا در دسته ”سحابی ها“ طبقه بندی می شدند.



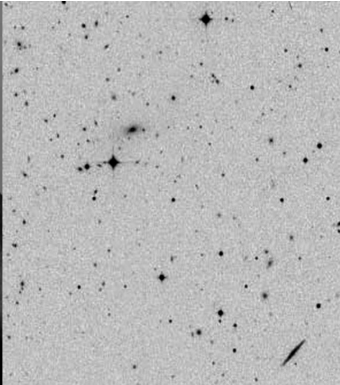
پازل اجرام ناشناخته

- پرسش های زیادی درباره این اجرام مطرح بود. مثلاً، این اجسام چه هستند؟ چطور تشکیل شده اند؟ آیا آنها بزرگند و یا کوچک؟ دورند و یا نزدیک؟
- این پرسش ها تا مدت ها مطرح بود و منجمین نظریات مختلفی را برای پاسخ به این پرسش ها آزمودند.
- در نهایت کلید حل معما پیدا شد و در طی کمتر از ده سال، دید ما نسبت به بزرگی جهان، و جایگاه خود در آن، کاملاً تغییر کرد.



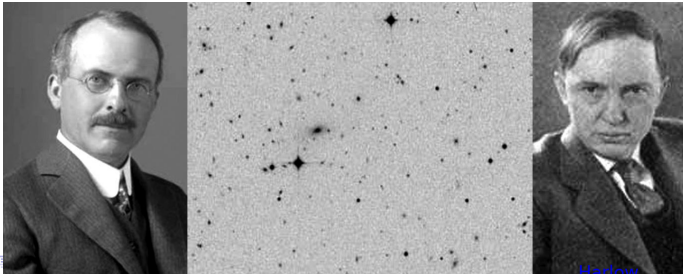
ایده های گوناگون

- یکی از ایده های مطرح در ابتدای قرن بیستم این بود که کل جهان از کهکشان راه شیری تشکیل شده است. به عبارت دیگر، به عقیده این افراد چیزی خارج از کهکشان ما وجود نداشت. ایده دیگر این بود که سحابی های مارپیچی مشاهده شده در آسمان، خود جهان ها و یا کهکشان های جداگانه ای هستند (مثل کهکشان راه شیری).
- گروه اول، که تا سالها دسته غالب بودند، فکر می کردند که سحابی های مارپیچی درون کهکشان راه شیری قرار گرفته اند و بخشی از آن هستند.



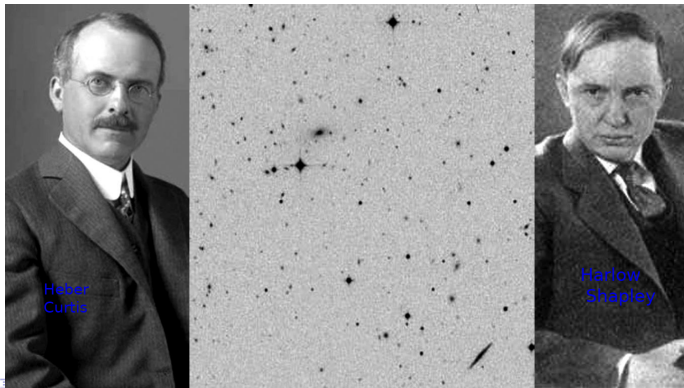
مناظره بزرگ قرن

- مشکل در واقع در تعیین دقیق فاصله این اجرام بود. چون هیچکدام از گروه ها نمی توانستند فاصله دقیق این اجرام را تعیین کنند، این معما تا مدتها باقی مانده بود.
- در ماه آوریل سال ۱۹۲۰، در موزه اسمیتسونین، مناظره ای درباره این مشکل برگزار شد. در این مباحثه، هارلو شِپلی اعتقاد داشت که جهان ما همان کهکشان راه شیری است در حالی که هِبِر کِرتیس معتقد بود که سحابی های مارپیچی خود کهکشان هایی جداگانه هستند و جهان ما بسیار بزرگتر از کهکشان راه شیری است.
- در این مناظره، هر دو طرف شواهد خود را ارائه کردند و شواهد طرف مقابل را تا حدی نقد کردند. مشکل این بود که هر دو طرف شواهد ناکافی داشتند. همچنین، اکنون می دانیم که برخی از دلایل ارائه شده توسط آنها کاملاً اشتباه بود.

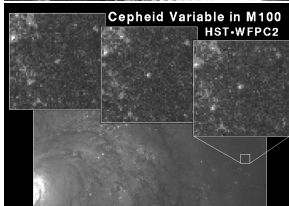


مناظره بزرگ قرن

- مثلا، شپلی استدلال کرد که یکی از سحابی های مارپیچی مورد بحث در حال دوران است؛ بنابراین، باید کوچک باشد. این نظر کاملا غلط است.
- از طرف دیگر، کرتیس استدلال کرد که اگر اندازه کهکشان ها صدها هزار سال نوری باشد، آنگاه فواصل آنها باید بسیار بزرگتر باشد. فاصله های مورد بحث در آن زمان بسیار مورد تردید بود. ولی اکنون می دانیم که اندازه ها و فواصل کهکشانی واقعا بزرگند.



کلید حل معما



جالب اینجاست که کلید حل معما چند سال قبل ارائه شده بود، ولی کاملاً درک نشده و مورد استفاده نبود.

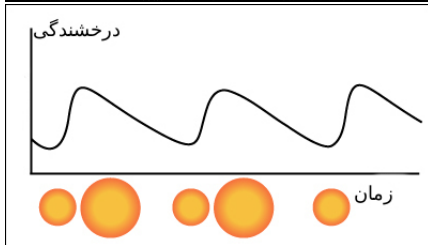
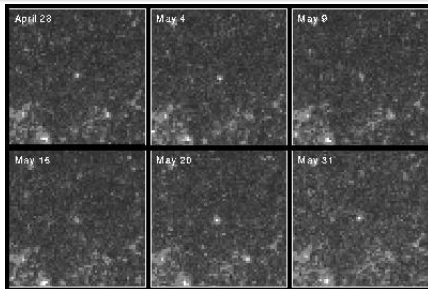
در سال ۱۹۰۲ خانم هنریتا سوان لویث (در گروه پیکرینگ) به سمت رئیس بخش نورسنجی از طریق عکاسی هاروارد منصوب شد. لویث حدود ۲۴۰۰ ستاره متغیر کشف کرده و پژوهش های گسترده ای روی رابطه دوره-درخشندگی این ستارگان انجام داد.

پژوهش: درباره فعالیت های بسیار مهم زنان گروه پیکرینگ، مخصوصاً خانم لویث و کانن (درس سوم از بخش سوم)، تحقیق کنید.

در سال ۱۹۱۲، خانم لویث با بررسی ۲۵ ستاره متغیر قيفاووسی در کهکشان ابر ماژلانی کوچک را بررسی کرده و دوره تناوب این ستاره ها را تعیین کرد.

در سال ۱۹۱۸ شِپلی و هرتسپرونگ رابطه دوره-درخشندگی را برحسب قدر مطلق ستاره ها بیان کردند. بعدها این رابطه به معیاری برای تعیین فاصله کهکشانها تبدیل شد.

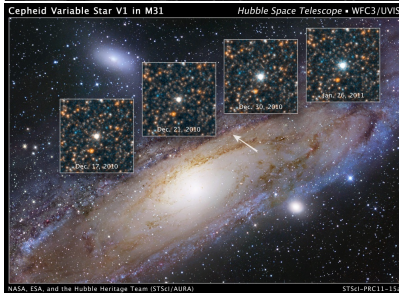
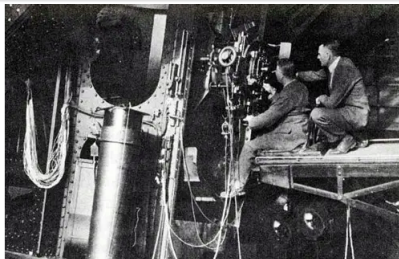
ستارگان متغیر قیفاوسی



ستارگان متغیر قیفاوسی ستارگانی هستند که به صورت شعاعی نوسان می کنند (منقبض و منبسط می شوند). این باعث می شود که دما و درخشندگی آنها با یک دوره تناوب مشخص (از چند روز تا چند ماه) تغییر کند. فیلم را ببینید.

دوره تناوب این ستارگان به درخشندگی آنان وابسته است. بنابراین، اگر بتوانیم دوره تناوب آنها را اندازه گیری کنیم (این کار نسبتاً آسان است.) می توانیم فاصله آنها را با محاسبه درخشندگی شان به دست آوریم.

حل معما



در سال ۱۹۲۵ ناگهان برآورد ما از ابعاد جهان قابل مشاهده به شدت افزایش پیدا کرد.

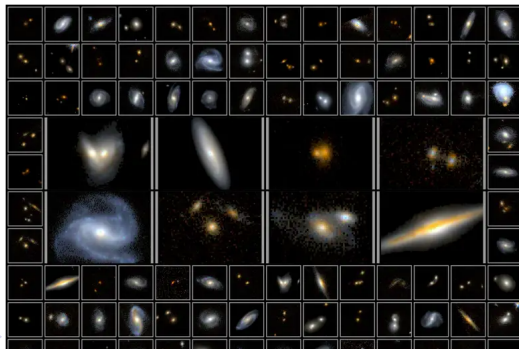
در این سال، ادوین هابل و میلتون هامسون سحابی $M31$ (آندرومدا) را بزرگترین تلسکوپ موجود آن زمان (تلسکوپ ۲/۵ متری هوکر در رصدخانه کوه ویلسون) رصد کردند. در این رصد، چندین ستاره متغیر قیفاوسی را یافته و با تعیین دوره و درخشندگی شان توانستند فاصله آندرومدا را تعیین کنند.

این دو منجم فاصله $M31$ را به این روش به مقدار ۹۰۰ هزار سال نوری تعیین کردند (مقدار جدید: ۲/۵ میلیون سال نوری). این مقدار از بزرگترین تخمین های ابعاد کهکشان راه شیری نیز بزرگتر بود. آنها همچنین تجمع ستارگان را نیز نشان دادند. بنابراین معلوم شد که سحابی آندرومدا در واقع کهکشان آندرومداست.

حال دسته بندی کهکشان ها را بیان خواهیم کرد.

شناخت کهکشان ها

- با اکتشاف کهکشان های بسیار در صد سال اخیر، موارد زیادی را درباره فیزیک و موقعیت کهکشان ها آموخته ایم.
- هر کهکشان مجموعه ای از صدها میلیون تا صدها میلیارد ستاره است. کهکشان ها گاز، غبار، سیاهچاله و احتمالا ماده تاریک دارند.
- ابعاد کهکشان ها می تواند از هزاران تا صدها هزار سال نوری باشد.
- کهکشان ها می توانند به اشکال گوناگون باشند. این موضوع را در بخش بعد (دسته بندی کهکشان ها) بحث می کنیم.



دسته بندی کهکشان ها

تاکنون رده بندی های متفاوتی برای کهکشان ها ارائه شده است؛ هرچند، ما در اینجا کهکشان را به چهار گروه زیر تقسیم می کنیم:



۱ کهکشان های مارپیچی: *Spiral*

۲ کهکشان های بیضوی: *Elliptical*

۳ کهکشان های ویژه (برهمکنشی): *Peculiar*

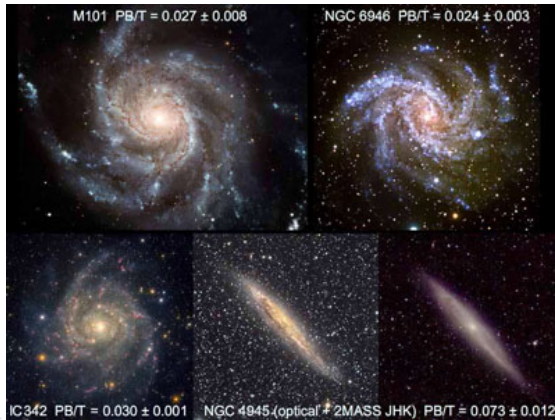
۴ کهکشان های نامنظم: *Irregular*

روش های دیگری نیز برای دسته بندی وجود دارند.



مشخصات کهکشان های مارپیچی

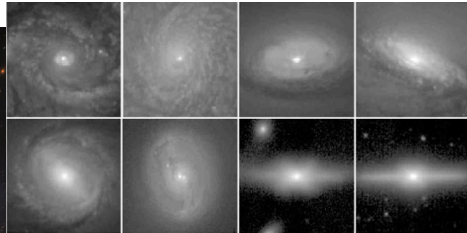
- در جلسه قبل آموختیم که کهکشان راه شیری یک کهکشان مارپیچی است. مشخصات کهکشان های مارپیچی را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:
- کهکشان مارپیچی یک قرص تخت بسیار بزرگ از ستارگان، گاز و غبار است که در حال دوران می باشد.



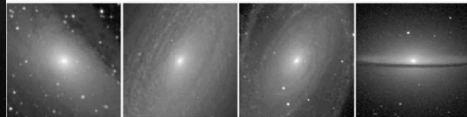
مشخصات کهکشان های مارپیچی

● مشخصات کهکشان های مارپیچی را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

● این نوع کهکشان معمولا یک برآمدگی (گوی: *bulge*) مرکزی دارد. گوی مرکزی در برخی کهکشان های مارپیچی بزرگ و در برخی دیگر کوچک است. این گوی شامل ستارگان پیر و قرمز رنگ است.



انواع گوی در مرکز کهکشان های قرصی



مشخصات کهکشان های مارپیچی



● مشخصات کهکشان های مارپیچی را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

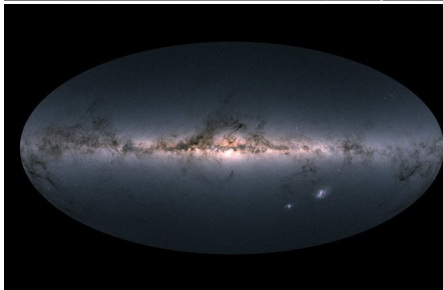
● همچنین در بسیاری موارد یک میله ستاره ای (*Bar*) در مرکز کهکشان در حال دوران است.



مشخصات کهکشان های مارپیچی



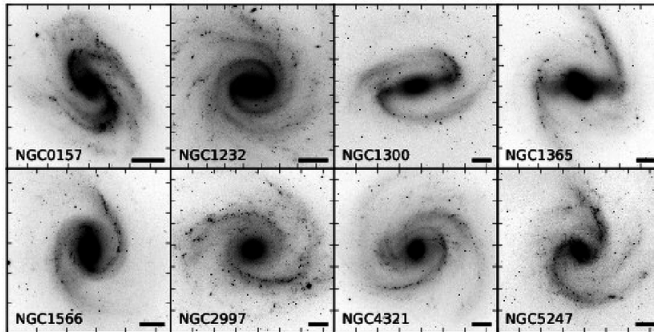
هاله بسیار بزرگ و گسترده، که از ستارگان پیر تشکیل شده است، نیز معمولا در این نوع کهکشان ها دیده می شود. در برخی موارد، جریان های ستاره ای خارج از دیسک نیز مشاهده شده اند.



انواع کهکشان های مارپیچی



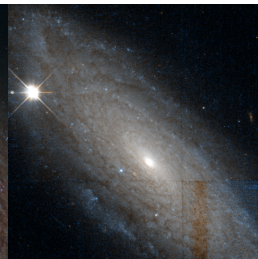
- کهکشان های مارپیچی تنوع زیادی دارند:
- کهکشان های مارپیچی طرح بزرگ شامل بازوهای مارپیچی بسیار منظم هستند که از مرکز کهکشان شروع شده و به لبه آن می رسند.



انواع کهکشان های مارپیچی

● کهکشان های مارپیچی تنوع زیادی دارند:

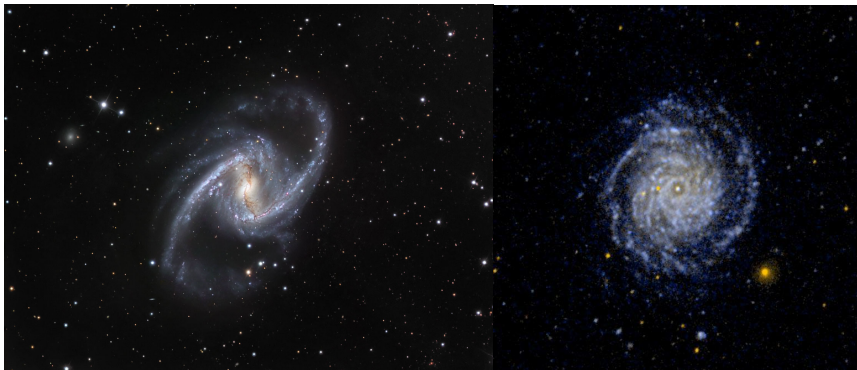
● کهکشان های مارپیچی گُرکی، بیشتر پنبه مانند هستند.



انواع کهکشان های مارپیچی

● کهکشان های مارپیچی تنوع زیادی دارند:

● از نظر وضعیت مارپیچ ها، برخی بازوها بسیار بزرگ و باز می باشند در حالی که برخی دیگر ”تنگ کوک” شده اند.



وضعیت کهکشان های مارپیچی از نظر ناظر زمینی



تصویر کهکشان های مارپیچی نسبت به ناظر زمینی به زاویه کهکشان نسبت به ما ربط دارد. قرص برخی از کهکشان های مارپیچی دقیقاً روبرو به ما قرار گرفته است. برخی اعتقاد دارند که این کهکشان ها باشکوه ترین اجرام آسمانی هستند. ساختار این کهکشان ها را می توان با جزئیات بسیار دید. سحابی هایی که در این کهکشان ها مشغول به ستاره زایی هستند، مانند دانه های تسبیح تفکیک شده و واضح هستند. رنگ این سحابی ها در تصویر زیر صورتی است که نشان دهنده فعالیت گاز هیدروژن است. ستارگان پرجرم و جوان با رنگ آبی خود می درخشند و طرح مارپیچ را نشان می دهند. همچنین، ستون های عظیم گاز به همراه بازوها مشخص هستند. گوی و میله مرکزی با رنگ مایل به قرمز می درخشند؛ ستاره زایی در این دو ناحیه مدت هاست متوقف شده و فقط ستارگان قرمز رنگ باقی مانده اند.

وضعیت کهکشان های مارپیچی از نظر ناظر زمینی



- وقتی کهکشان های مارپیچی نسبت به ما مایل هستند، برخی از ساختارهای کهکشان از نگاه ما پنهان هستند.

- از طرفی، وقتی ما کهکشان های مارپیچی را از لبه قرص می بینیم، ساختار قرص تخت به وضوح دیده می شود. از اینجا معلوم می شود که ابرهای غبارآلود فقط در صفحه مرکزی کهکشان مارپیچی قرار دارند.



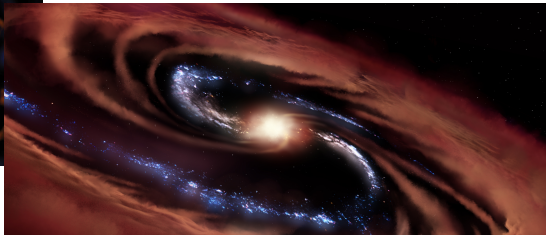
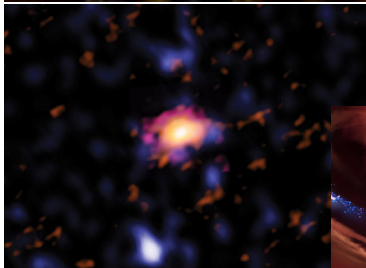
چگونگی تشکیل قرص کهکشان



فرایند تشکیل قرص تخت کهکشان بسیار شبیه به فرایند تشکیل منظومه شمسی است (بخش دوم از این مجموعه). میلیارد ها سال پیش، کهکشان ها از حجم عظیم گاز پدید آمده اند.

با رمبش این توده گاز (از تعادل خارج شدن آن)، جریان های گردابی (*Eddy current*) در آن تقویت شده و باعث می شوند که قرص کهکشان دوران کند.

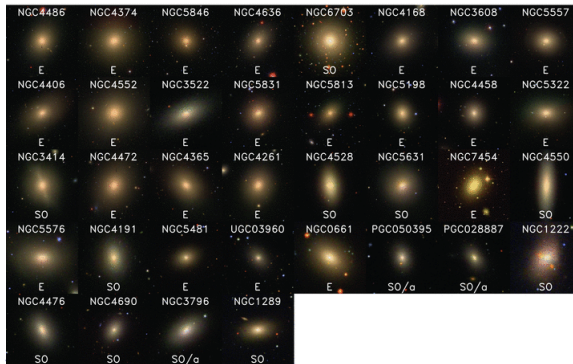
دوران قرص باعث تخت شدن آن می شود. در هنگامی که اولین ستارگان در کهکشان شروع به کارکنند، ساختار نسبتاً تخت قرص نیز تشکیل شده است.



کهکشان های بیضوی

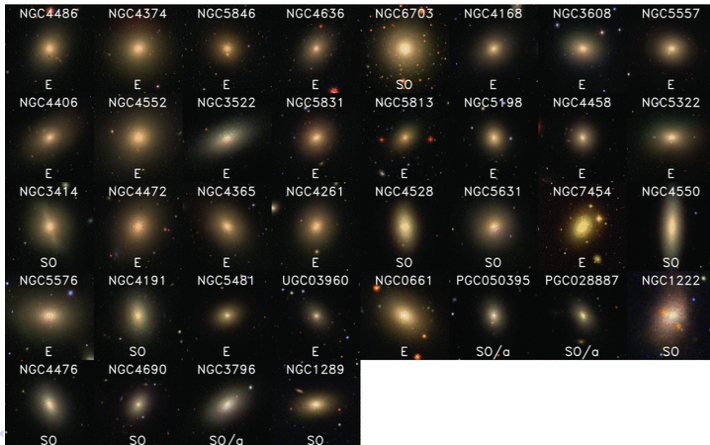
• کهکشان های بیضوی شکلی شبیه به توپ فوتبال آمریکایی دارند؛ هرچند بعضی اوقات می توانند کاملاً کروی و یا کاملاً کشیده باشند. اینها توده های بسیار بزرگ از میلیاردها ستاره اند.

• این کهکشان ها گاز و غبار بسیار کم و ستارگان پیرتری (نسبت به مارپیچی ها) دارند. ستاره زایی در این کهکشان ها ناچیز است، ستارگان پر جرم آبی مدتها پیش نابود شده اند و فقط ستارگان مایل به قرمز باقی مانده اند. بنابراین، جمعیت ستاره ای در کهکشان های بیضوی شبیه به ستارگان درون گوی کهکشان های مارپیچی است.

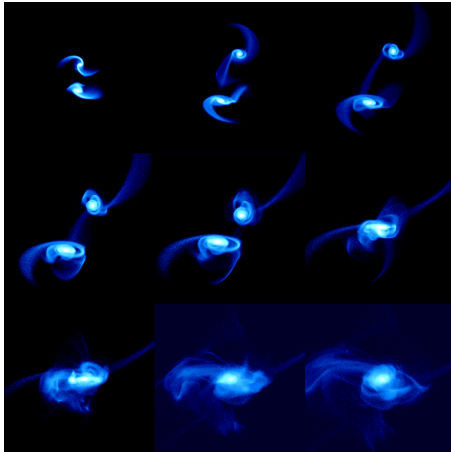


کهکشان های بیضوی

- نسبت به کهکشان های مارپیچی، کهکشان های بیضوی ساختار ساده تری دارند.
- اندازه کهکشان های بیضوی بسیار متنوع است. برخی از آنها، که کهکشان های بیضوی کوتوله نام دارند، فقط ابعادی در حد چند هزار سال نوری دارند. برخی دیگر بسیار عظیم اند؛ بسیار بزرگتر از کهکشان راه شیری.



داستان تشکیل کهکشان های بیضوی



فرایند تشکیل کهکشان های بیضوی هنوز به درستی فهمیده نشده است. در حال حاضر منجمین اعتقاد دارند که این اجرام حاصل برخورد های عظیم کهکشانی هستند.

اگر دو کهکشان در نزدیکی هم باشند، نیروی گرانش باعث می شود که آن دو به هم نزدیک تر شده و با هم برخورد کنند. برخورد کهکشان ها پدیده شگفتی است. در حالی که سرعت برخورد این کهکشان ها بیش از صدها کیلومتر بر ثانیه است، برخورد مورد اشاره در طی صدها میلیون سال اتفاق می افتد. فاصله بین کهکشان ها می تواند ده ها و یا صدها هزار سال نوری باشد.

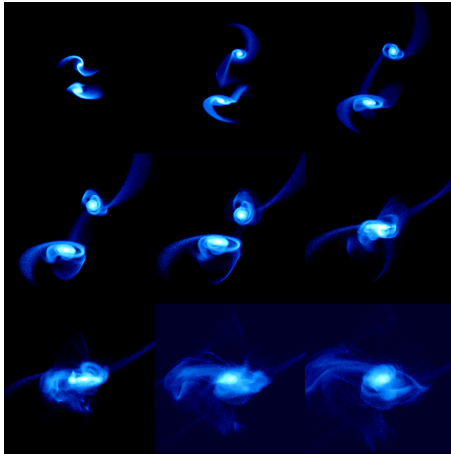
فیلم های برخورد کهکشانی را ببینید.

کهکشان آنتن: نمونه از برخورد دو کهکشان



(C) Palomar Mountain Observatory

داستان تشکیل کهکشان های بیضوی

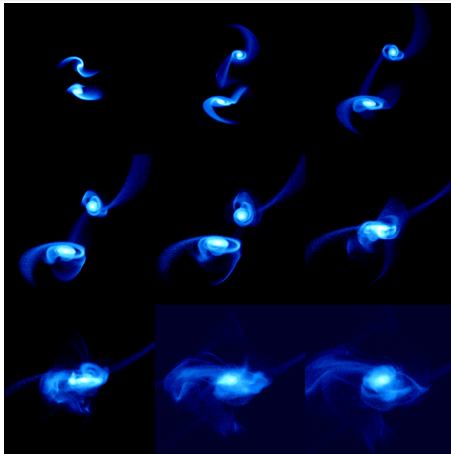


در مراحل ابتدایی برخورد، نیروهای جزر و مدی می توانند بسیار قوی باشند. در نتیجه، ستارگانی که از کهکشان اول به کهکشان دوم نزدیکترند، با نیروی بیشتری به سمت کهکشان دوم کشیده می شوند (نسبت به ستارگانی که دورترند). بنابراین، کهکشان ها کشیده شده و جریان های ستاره ای به بیرون هدایت می شوند.

معمولا کهکشان ها به صورت مستقیم برخورد نمی کنند بلکه از کنار هم رد می شوند. در این حالت، جریان های ستاره ای به شکل کمان بسیار زیبایی در می آیند. چنین کهکشان هایی می توانند اشکال شگفت و باشکوهی تشکیل دهند.

بعضی وقتها کهکشان ها در حین برخورد از هم جدا شده و دوباره به سمت هم می آیند. در چنین حالتی، قسمت های اصلی دو کهکشان با هم برخورد می کنند.

داستان تشکیل کهکشان های بیضوی



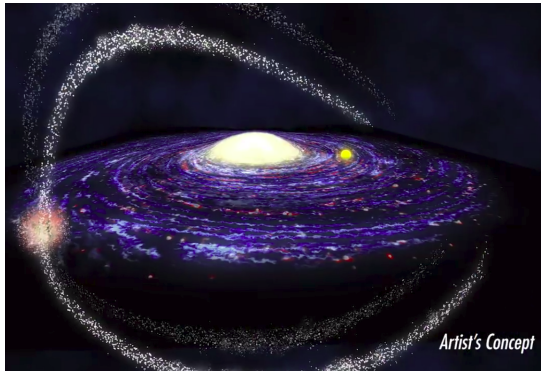
توجه: فواصل بین ستاره ای در کهکشان ها چنان زیاد است که در برخورد کهکشان ها ممکن است هیچ دو ستاره ای با هم برخورد نکنند.

هرچند توده های گازی در برخورد کهکشان ها واقعا با هم برخورد می کنند. در این حالت ستاره زایی با سرعت بسیار بالایی رخ می دهد. در اثر چنین فرایندی، کهکشان های در حال برخورد با نورهای صورتی و آبی ناشی از گازها و ستاره زایی روشن می شوند.

برخی اوقات کهکشان ها با چنان سرعتی با هم برخورد می کنند که از بین همدیگر عبور می کنند. ولی در این حالت، معمولا سرعت دو جرم کاهش یافته و کهکشان ها دوباره به سمت هم می آیند. در نهایت دو کهکشان ادغام شده و یک کهکشان بزرگتر بیضوی به وجود می آید.

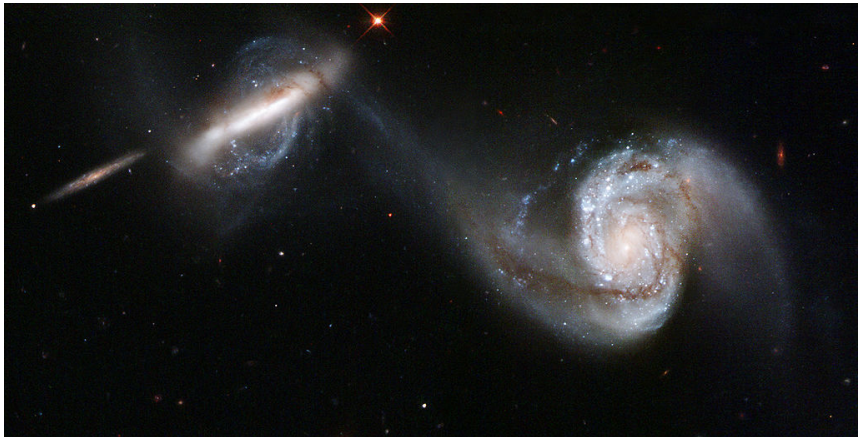
نتیجه همه برخوردهای کهکشانی یک کهکشان بیضوی نیست!

- لطفا توجه کنید که همه برخوردهای کهکشانی به تشکیل کهکشان های بیضوی منجر نمی شوند. مثلا، اگر یک کهکشان مارپیچی بزرگ با یک کهکشان کوچک برخورد کند، عملا ساختار کهکشان کوچک به هم ریخته و پس از مدتی کاملا جذب کهکشان بزرگ می شود.
- نظر فعلی منجمین این است که اکثر کهکشان های بزرگ، با جذب کهکشان های کوچک تشکیل شده اند. مثلا، کهکشان راه شیری در حال حاضر در حال بلعیدن چندین کهکشان کوچکتر است. جریان های ذرات و گوی زردرنگی که در شکل می بینید، نتیجه همین عمل هستند.

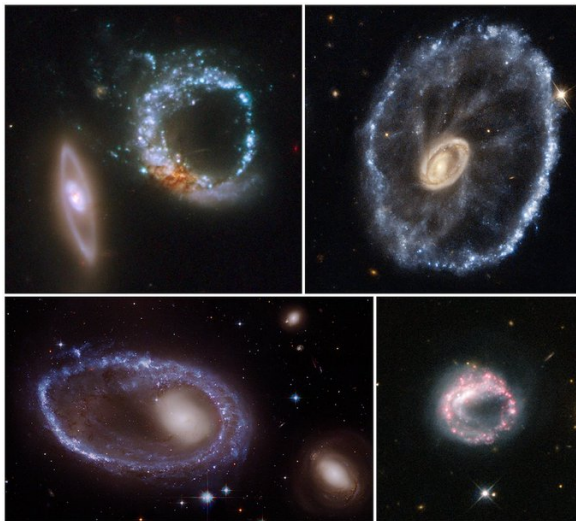


کهکشان های ویژه

- نوع دیگر کهکشان را کهکشان ویژه می نامند. کهکشان های ویژه بدون شکل نیستند، بلکه شکل عجیبی دارند. همه کهکشان های ویژه عملاً نتیجه برخورد کهکشانی هستند؛ بنابراین برخی اوقات سیستم های برهمکنش نیز نامیده می شوند.



کهکشان های ویژه: کهکشان های حلقه ای



برخی اوقات یک کهکشان کوچک با سرعت زیاد از قلب یک کهکشان بزرگ عبور می کند. در این حالت، گرانش کهکشان کوچک ستارگان کهکشان بزرگ را به سمت خود کشیده و سپس به بیرون پرتاب می کند (مثل موج پخش شده درون یک برکه آب). نتیجه یک کهکشان حلقه ای است که برخی اوقات کهکشان کوچکتر هم در آن نزدیکی دیده می شود.

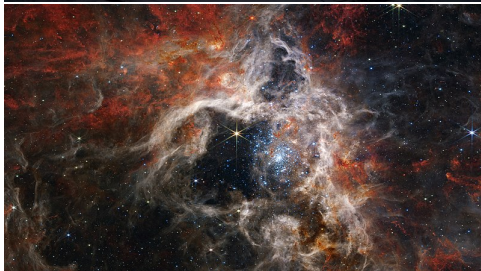


کهکشان های بی نظم

• کهکشان های بی نظم واقعا بدون شکل هستند. این کهکشان ها معمولا کوچکند و شکل به هم ریخته ای دارند. کهکشان های بزرگتر به احتمال زیاد در اثر برخورد به شکل کنونی درآمده اند. هرچند، کهکشان های کوچکتر ممکن است به دلیل جرم کم هنوز تشکیل ساختار نداده باشند.

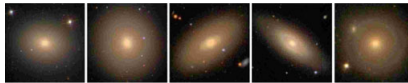


کهکشان های بی نظم

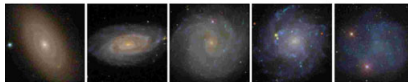


بسیاری از کهکشان های بزرگ، تعدادی کهکشان اقماری دارند. مثلا کهکشان راه شیری چند ده کهکشان اقماری دارد. از این بین می توان ابر ماژلانی بزرگ و کوچک را نام برد که هر دو بی نظم هستند و در آسمان نیمکره جنوبی یافت می شوند. این دو ابر سرشار از گاز و غبار هستند. در واقع فعال ترین ستاره زایی در نزدیکی ما در ابر ماژلانی بزرگ اتفاق می افتند. این ناحیه را سحابی رتیل می نامند. منجمین معتقدند که احتمالا سحابی رتیل در حال تشکیل یک خوشه ستاره ای است.

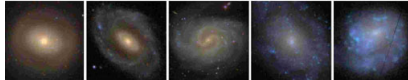
دسته بندی های دیگر و دقیق تر برای کهکشان ها



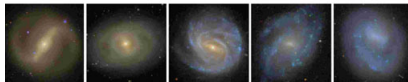
E2 S0⁻ S0⁰ S0⁺ S0/a



SAa SAB SAc SAd SAm



SABa SABb SABc SABd SABm

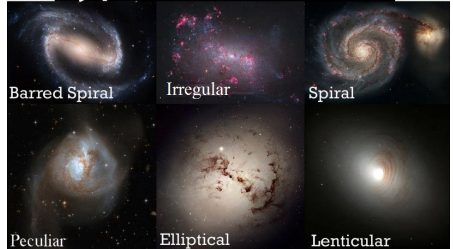


SBa SBb SBc SBd SBm

می توان دسته بندی های جدید و دقیق تری نیز برای کهکشان ها ارائه کرد.

کهکشان ها معمولا در گروه یافت می شوند که آنها را خوشه های کهکشانی می نامند. این موضوع را در جلسات آینده بحث خواهیم کرد.

Types of Galaxies



Barred Spiral

Irregular

Spiral

Peculiar

Elliptical

Lenticular

نکات مهم این درس

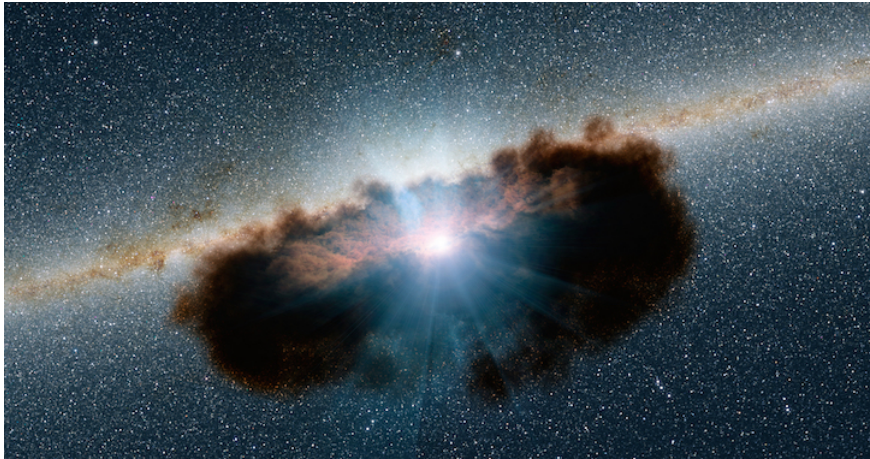
انتظار این است که در انتهای این درس شما بتوانید خلاصه ای از دسته بندی ککشان ها را بیان کنید. همچنین، انتظار می رود که بتوانید پرسش های زیر را پاسخ گوئید:

- ۱ نظر شیلی و کرتیس درباره ابعاد جهان را توضیح دهید.
- ۲ ستارگان متغیر قیفاوسی چه نوع ستارگانی هستند؟
- ۳ چطور می توان از ستارگان متغیر قیفاوسی برای تعیین فاصله اجرام استفاده کرد؟
- ۴ دسته بندی کلی ککشان ها را بیان کنید.
- ۵ ککشان های مارپیچی چه نوع ککشان هایی هستند؟
- ۶ ستارگان جوان و پیر به ترتیب در کدام بخش ککشان های مارپیچی قرار دارند؟
- ۷ ککشان های مارپیچی طرح بزرگ و کرکی به ترتیب به چه صورتی هستند؟
- ۸ نوع بازوهای مارپیچی در ککشان ها به چه صورت می تواند باشد؟ منظور از مارپیچ تنگ کوک چیست؟
- ۹ ککشان های مارپیچی از لحاظ ناظر زمینی به چه صورت هایی دیده می شوند؟
- ۱۰ فرایند تشکیل ککشان های قرصی را توضیح دهید.
- ۱۱ ستارگان موجود در ککشان های بیضوی پیرترند و یا ککشان های مارپیچی؟
- ۱۲ فرایند تشکیل ککشان های بیضوی را توضیح دهید.
- ۱۳ در برخورد های ککشانی، کمان ستاره ای چطور تشکیل می شود؟
- ۱۴ ککشان های ویژه حاصل چه فرایندی هستند؟
- ۱۵ فرایند تشکیل ککشان های حلقوی را توضیح دهید.
- ۱۶ فرایند تشکیل ککشان های بی نظم و شکل کلی آنها را توضیح دهید.
- ۱۷ تحقیق: درباره طبقه بندی های جدید ککشانی تحقیق کنید.

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

مبحث بعدی: فیزیک کهکشان ها

در جلسه بعد درباره فرایندهای درون کهکشان ها با جزییات بیشتری صحبت خواهیم کرد.



منابع درس

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

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

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