محمد اخلاقی

# بیایید اخترشناسی را کمی بهتر بشناسیم

برای کلاس‌های مجله نجوم، تابستان ۱۳۸۸

makhlaghi@gmail.com

# شاخه‌های اخترشناسی:

# شاخه‌های اخترشناسی:

به نام آنکه جان را فکرت آموخت
چراغ دل ز نور جان بر افروخت

چو قاف قدرتش دم بر قلم زد
هزاران نقش بر لوح عدم زد

نجوم برای کسانی که شغلشان نجوم و علوم مربوطه نیست

# نجوم آماتوری

- یادگیری صور فلکی و اجرام موجود در آنها
- عکاسی نجومی
- شرکت در مسابقات مختلف: ماراتون مسیه و ...

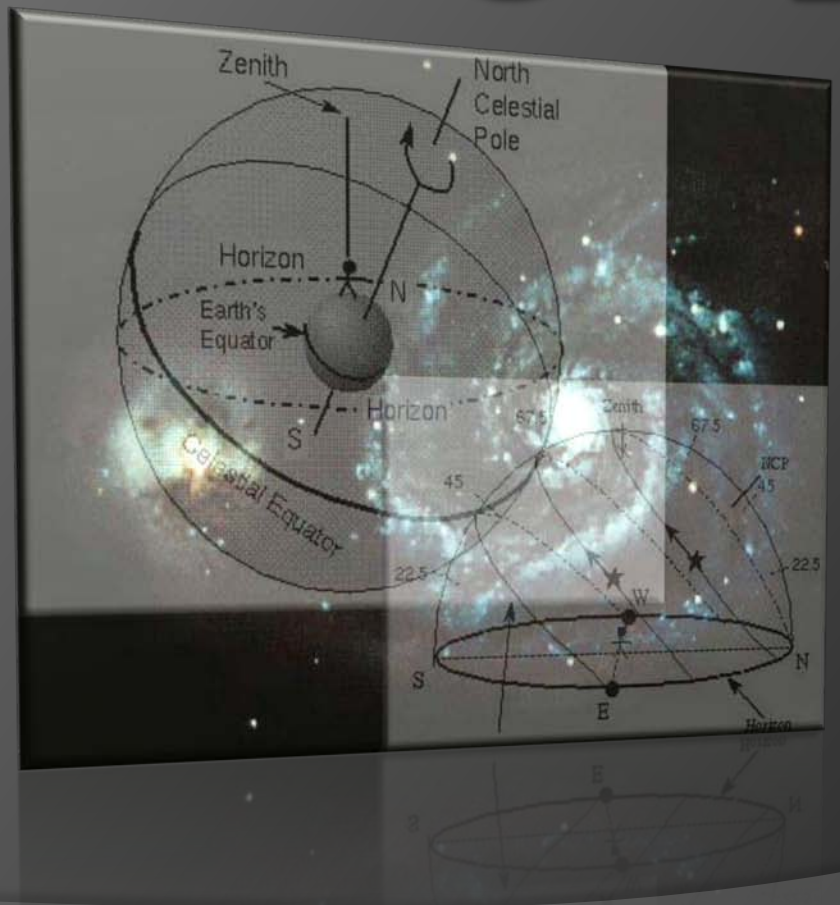
# صورت های فلکی

# شاخه‌های اخترشناسی:

به نام آنکه جان را فکرت آموخت
چو قاف قدرتش دم بر قلم زد

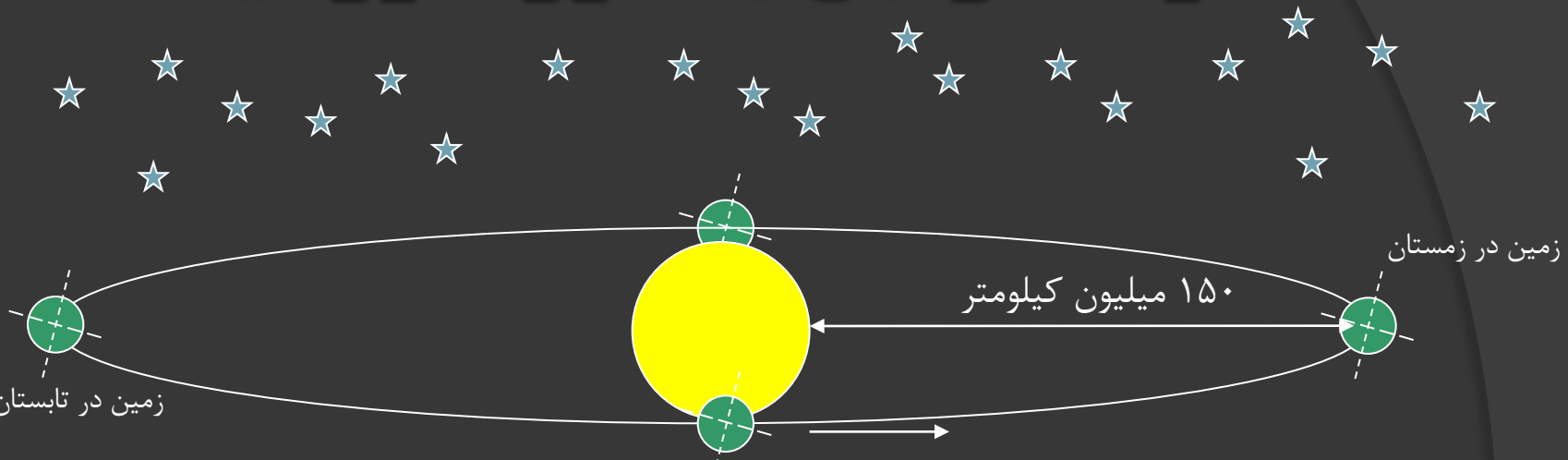
چراغ دل ز نور جان بر افروخت
هزاران نقش بر لوح عدم زد

# نجوم رصدی

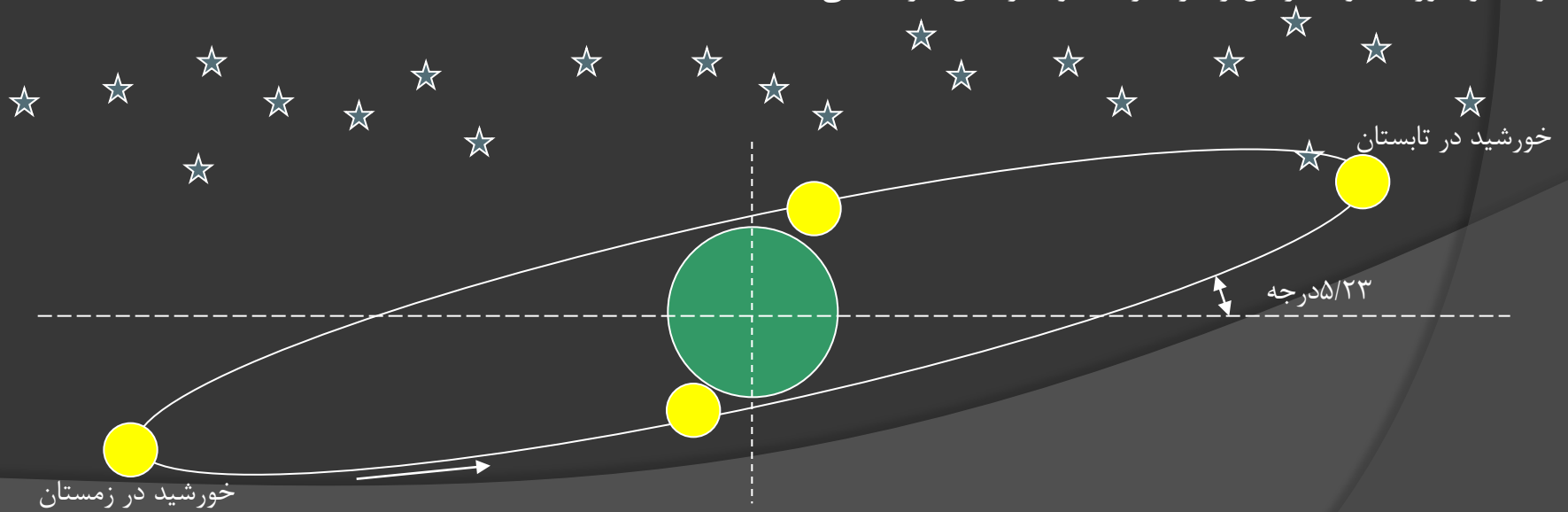



- مقدمه ای بر نجوم رصدی
- تعریف کره سماوی و زوایای موجود در آن
- حرکت خورشید و ستارگان روی این کره
- معرفی زوایا برای پیدا کردن راه در آسمان

# حرکت زمین به دور خورشید

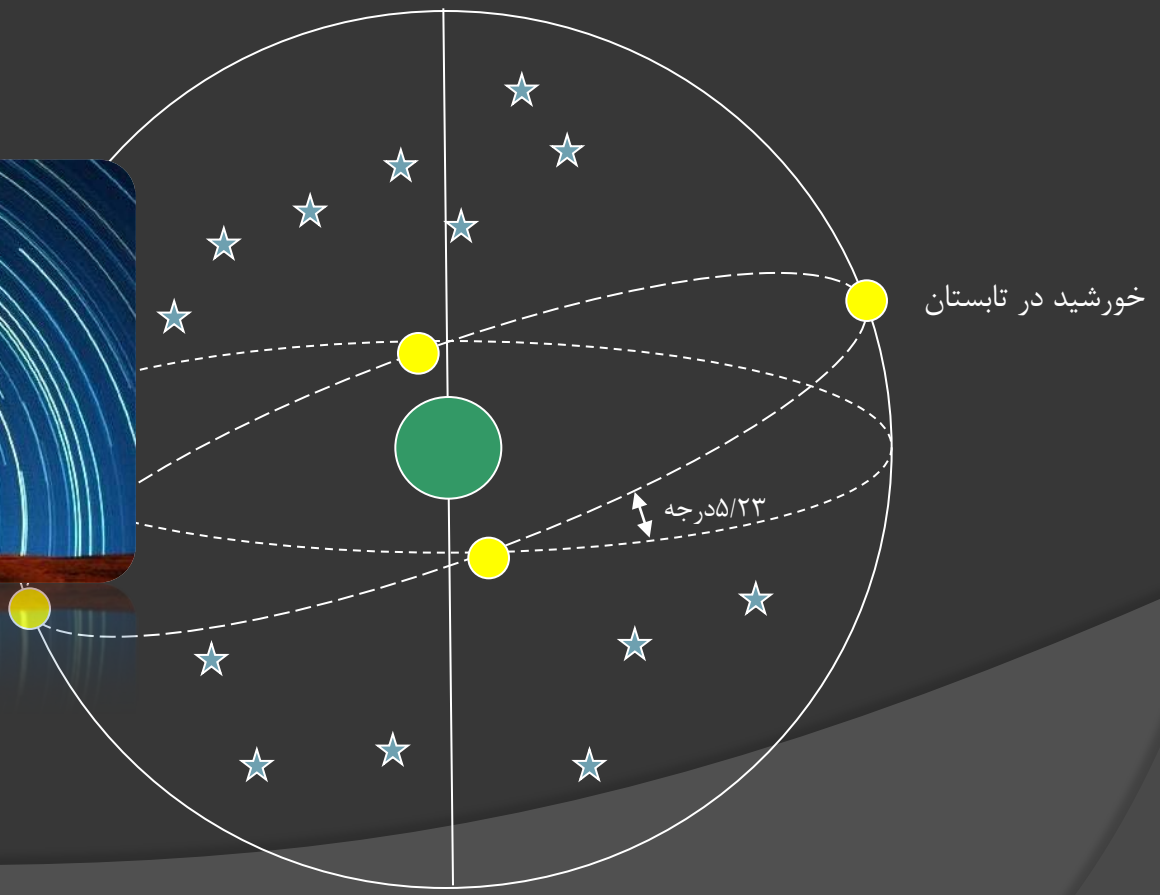



امروزه ما می دانیم که زمین طبق تعریف (که بعدا به طور دقیق ارائه خواهد شد) در مدت یک سال یک دور در مدار خود، حول خورشید می زند. همانطور که در شکل پیداست، میانگین فاصلهٔ زمین تا خورشید به طور متوسط ۱۵۰ میلیون کیلومتر است. اما باستانیان زمین را وسط و خورشید و ستارگان را در اطراف خود در حال حرکت می دیدند:



# کرهٔ سماوی

حال فرض کنید که تمام ستاره ها ( که در هر دو حالت در آسمان ثابت بودند) را بدون در نظر گرفتن فاصله روی یک کره به مرکز زمین فرض کنیم، و فرض کنیم که این کره در حال چرخش حول محور زمین  است:



# اعتدالین

به دو نقطهٔ برخورد دایرهٔ حرکت خورشید (دایره البروج) روی کرهٔ سماوی و دایرهٔ استوای سماوی نقاط اعتدالین گفته می شود. در این نقاط، خورشید از یک نیمکرهٔ آسمان به نیمکرهٔ دیگر می رود.

اعتدال بهاری:

به دلیل همزمانی گذر خورشید از این نقطه با شروع بهار، به این نقطه که طی آن خورشید از نیمکرهٔ جنوبی وارد نیکرهٔ شمالی می شود نقطهٔ اعتدال بهاری گفته می شود. در واقع لحظهٔ نوروز در تقویم فعلی ما، لحظهٔ گذر خورشید از این نقطه است.

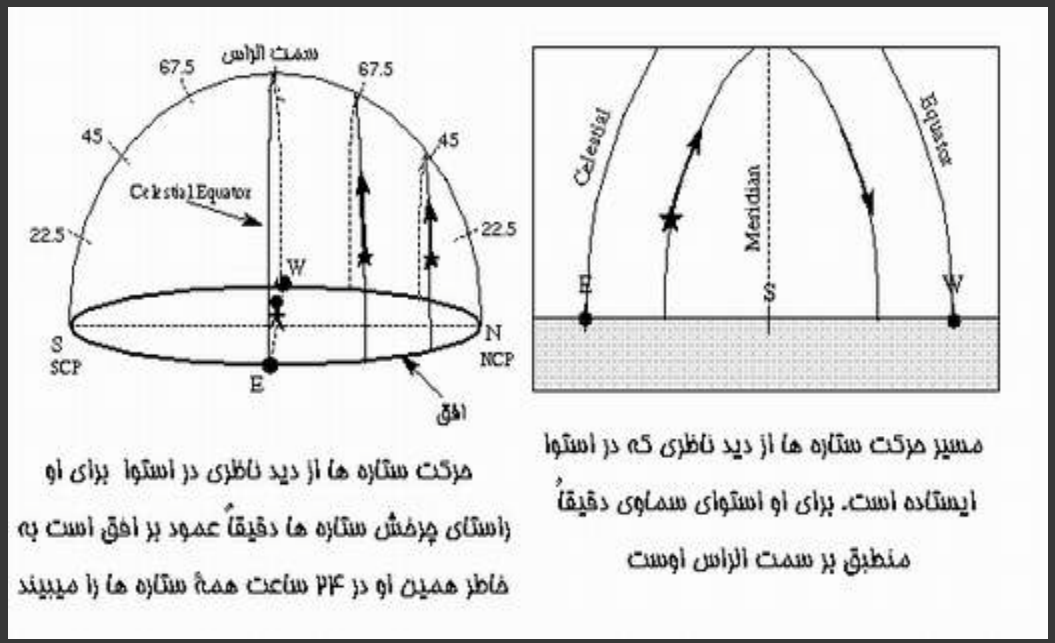
اعتدال پاییزی:

در نقطهٔ اعتدال پاییزی خورشید از نیمکرهٔ شمالی وارد نیمکرهٔ جنوبی می شود و عملا از این لحظه است که فصل سرما در نیمکرهٔ شمالی زمین شروع می شود.

# کرهٔ سماوی

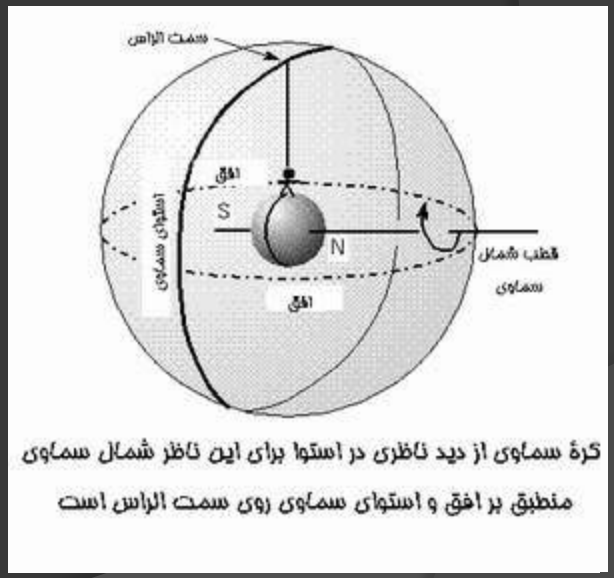
کرهٔ سماوی کره ای است فرضی به شعاع بی نهایت بزرگ و به مرکزیت زمین که ما فرض می کنیم ستاره ها به این کره چسبیده هستند و حرکت ستاره ها به دلیل حرکت این کره است.

محور این کره با محور چرخش زمین به دور خودش یکی است. به همین دلیل همیشه حرکت ستاره ها موازی با استوای این کره است.




حرکت ستاره ها از دید ناظری در استوا برای او راستای چرخش ستاره ها دقیقاً عمود بر افق است به خاطر همین او در ۲۴ ساعت همهٔ ستاره ها را میبیند

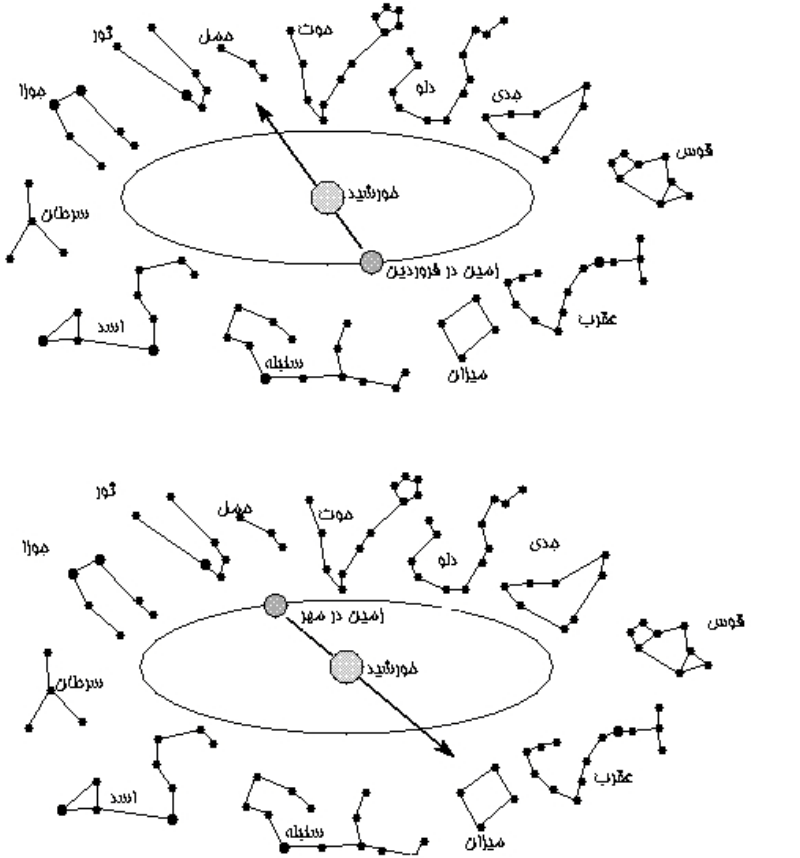
مسیر حرکت ستاره ها از دید ناظری که در استوا ایستاده است. برای او استوای سماوی دقیقاً منطبق بر سمت الراس اوست



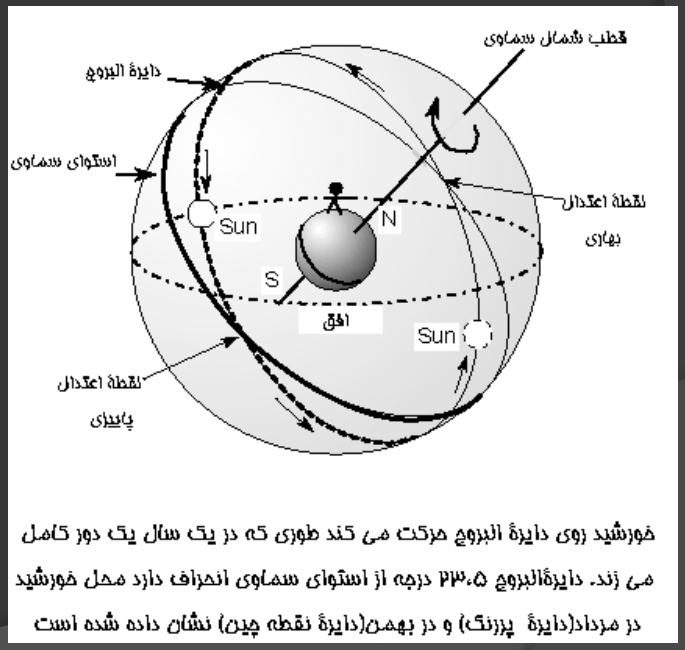

کرهٔ سماوی از دید ناظری در استوا برای این ناظر شمال سماوی منطبق بر افق و استوای سماوی روی سمت الراس است

# حرکت خورشید روی کرهٔ سماوی

ظاهراً حرکت خورشید بین ستارگان در طول سال به سوی شرق است. هر یک سال خورشید یک بار این مسیر را طی می کند. این حرکت به سمت شرق خورشید به دلیل چرخش زمین دور این ستاره است .



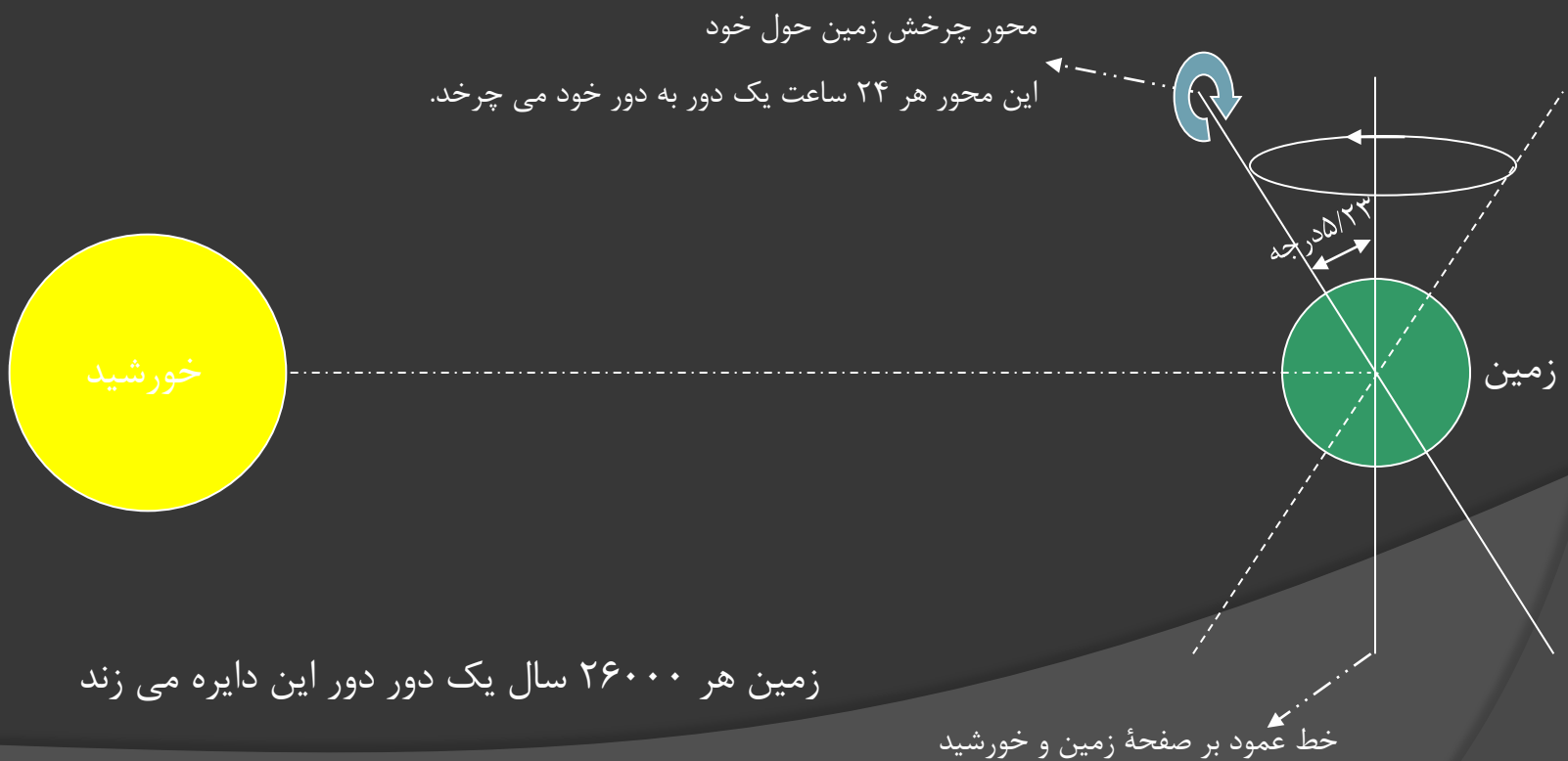

در حالی که زمین دور خورشید در حال چرخش است ما خورشید را در راستای این ۱۲ صورت فلکی می بینیم که به آنها منطقه البروج نیز می گویند. عملاً منطقه البروج راستای مدار زمین در فضاست




خورشید روی دایرهٔ البروج حرکت می کند طوری که در یک سال یک دور کامل می زند. دایرةالبروج ۲۳،۵ درجه از استوای سماوی انحراف دارد محل خورشید در مرداد(دایرهٔ پرزنگ) و در بهمن(دایرهٔ نقطه چین) نشان داده شده است

# حرکت تقدیمی زمین

زمین در آسمان علاوه بر حرکت حول خود و همچنین حرکت حول خورشید یک حرکت تقدیمی یا اصطلاحا رقص محوری دارد که طی آن در بازهٔ زمانی ۲۶۰۰۰ سال، محور چرخش زمین حول خود به اندازهٔ ۳۶۰ درجه یا یک دور کامل می زند. در شکل زیر می توانید این حرکت و چگونگی اتفاق افتادن آن را ببینید:




زمین هر ۲۶۰۰۰ سال یک دور دور این دایره می زند

# نتیجهٔ حرکت تقدیمی

- در نتیجهٔ حرکت تقدیمی زمین، نقطهٔ اعتدال بهاری با سرعتی برابر یک دور در ۲۶۰۰۰ سال یا ۵۰ثانیهٔ قوس در یک سال روی استوای سماوی حرکت می کند.

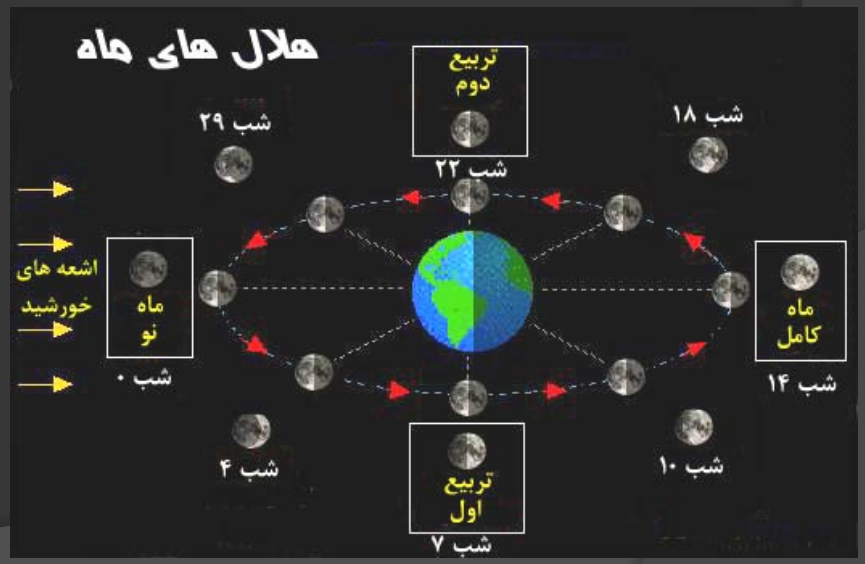
- حرکت تقدیمی باعث می شود که خورشید هر سال روی دایره البروج به مقدار حدودا ۵۰ثانیهٔ قوس به سمت غرب حرکت کند، این حرکت در مقیاس های کوچک قابل صرف نظر است، اما در زمانهای بلند باعث تغییر مکان خورشید نسبت به ستارگان می شود.

- از نتایج دیگر آن، تغییر ستارهٔ قطبی در بازه های زمانی بلند مدت است، فعلا ستارهٔ قطبی ستارهٔ جدی است اما ۲۰۰۰ سال پیش ۱۲ درجه از ستارهٔ جدی فاصله داشت و ۱۲۰۰۰ سال آینده، ستارهٔ وگا ستارهٔ قطبی خواهد شد.

# حرکت ماه به دور زمین

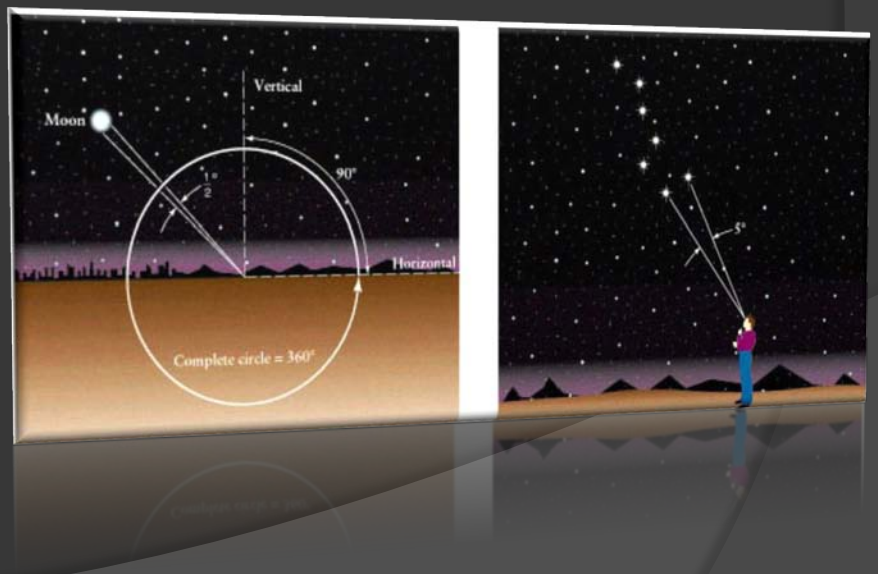
ماه در یک مدار بیضی شکل همیشه در حال چرخش حول زمین است. همانطور که در شکل پیداست، به علت شکل خاصی که مدار ماه به دور زمین و زمین به دور خورشید دارد، همیشه همهٔ سطح ماه نورانی نیست. اول ماه قمری، ماه کمترین مقدار روشنایی را دارد، در تربیع نصف ماه روشن است و در حالت بدر، تمام ماه روشن می شود.

ماه با سرعت متوسط ۳۶۸۰ کیلومتر در ساعت در حال چرخش حول زمین است.



# زوایا روی کرهٔ سماوی

برای اینکه راحت بتوانیم راه را در آسمان پیدا کنیم می توانیم از مقیاس زاویه استفاده کنیم که طبق شکل های زیر می توانید ببینید این زوایا چگونه هستند...



# تعریف‌ها

- **نصف‌النهار**

هر نیم‌دایره‌ی عظیمه‌ای که دو قطب شمال و جنوب سماوی را به یکدیگر وصل کند، نصف‌النهار نامیده می‌شود

- **نصف‌النهار ناظر**

نصف‌النهاری که از سمت‌الراس ناظر می‌گذرد نصف‌النهار ناظر نامیده می‌شود

- **میل**

میل یک ستاره، فاصله‌ی زاویه‌ای میان ستاره و استوای سماوری روی نصف‌النهاری که از آن ستاره می‌گذرد

- **زاویه‌ی ساعتی**

فاصله‌ی زاویه‌ای میان نصف‌النهار ناظر و نصف‌النهار ستاره یا نقطه‌ی مورد نظر

- **بعد**

فاصله‌ی زاویه‌ای روی استوا میان محل برخورد نصف‌النهار ستاره با استوا و نقطه‌ی اعتدال بهاری

# روز و شبانه روز

روز به معنی کلی آن، شاید از اولین مفهوم هایی باشد که هر موجود زنده با آن روبرو و خود را با آن سازگار می کند.

روز را مدت زمان بین طلوع و غروب خورشید در افق هر محل می دانند. این تعریف از روز کاملا بستگی به موقع خاص از سال و همچنین محل ناظر روی کرۀ زمین دارد. از زمان قدیم به این نکته رسیده بودند. به همین خاطر از همان زمان واحد اصلی شمارش را شبانه-روز تعریف کردند، نه روز.

شبانه روز حقیقی یا خورشیدی، مدت زمان میان دو عبور متوالی خورشید از نصف النهار ناظر است. اما به علت حرکت زمین حول خورشید اگر به جای خورشید از ستارگان دوردست به عنوان مبنا استفاده کنیم، مدت زمان حدود ۴ دقیقه کم شده و طول روز کمتر می شود.

در صفحۀ بعد از فرایند کاملا با شکل توضیح داده خواهد شد...

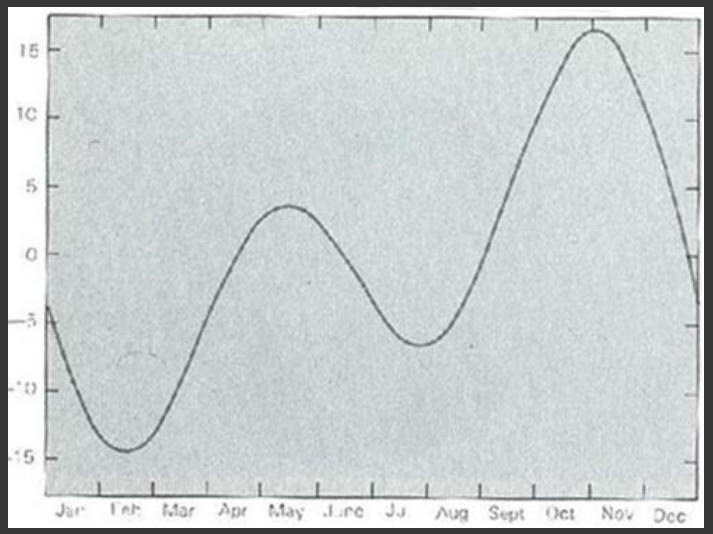
# روز و شبانه روز (ادامه)

سرعت مماسی زمین در اوج(دورترین فاصله از خورشید) کمترین و در حضیض (کمترین فاصله از خورشید) بیشترین مقدار خود را دارد (قانون دوم کپلر).

به همین خاطر طول شبانه روز در طول سال به مقدار کمی تغییر می کند. بنا بر این لازم می شود یک شبانه روز متوسط خورشیدی تعریف شود، شبانه روز متوسط خورشیدی برابر است با فاصله زمانی دو عبور متوالی یک خورشید مجازی (که فرض می شود روی کره سماوی بطور یکنواخت موازی با استوا حرکت می کند) از برابر نیمروز محل . ۲۴/۱ طول این روز یک ساعت متوسط خورشیدی نامیده می شود و بعد از این همهٔ زمان ها را بر حسب این ساعت بیان خواهد شد. مثلا یک روز نجومی (۲۴ ساعت نجومی) برابر است با

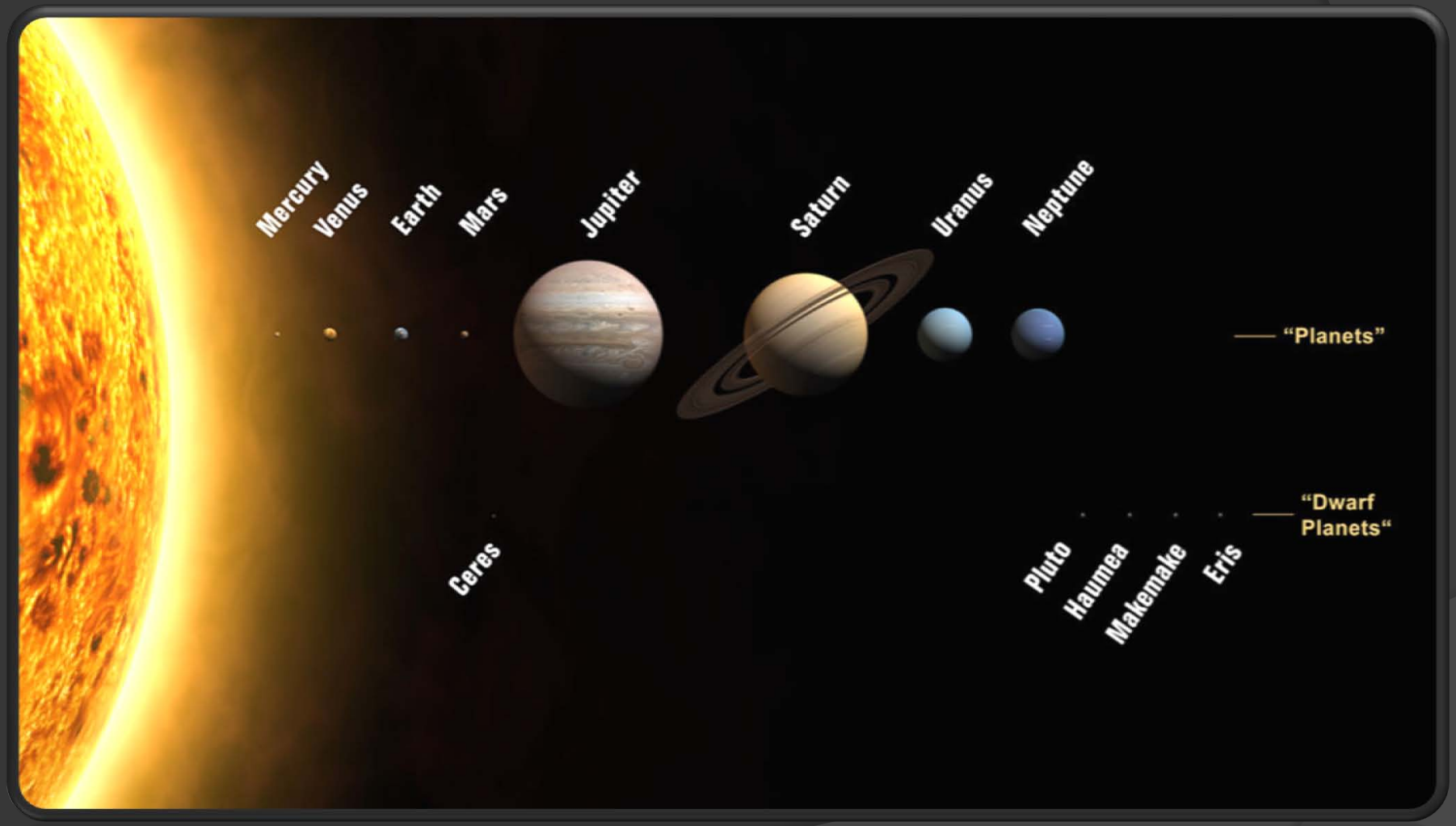
**۲۳ ساعت و ۵۶ دقیقه و ۴٫۰۹۱ ثانیه (متوسط خورشیدی)**

معادلهٔ زمان، در واقع معادله ای است که برای هر لحظه از سال اختلاف شبانه روز محلی حقیقی را از شبانه روز متوسط بیان می کند، نمودار این معادله برای فصول مختلف در زیر آمده است.

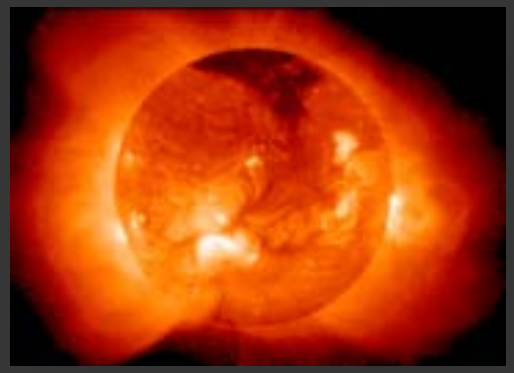


# شاخه‌های اخترشناسی:

# نمایی کلی از منظومه شمسی



# مروری بر عناوین



- تاریخ کشف و اکتشاف منظومه شمسی
- ساختار کلی
- نامگذاری
- خورشید و فضای میان سیاره‌ای
- سیارات داخلی
- کمربند سیارک‌ها
- سیارات خارجی
- دنباله‌دارها
- منطقه بعد از نپتون
- دورترین مناطق

# تاریخ کشف و اکتشاف منظومه شمسی

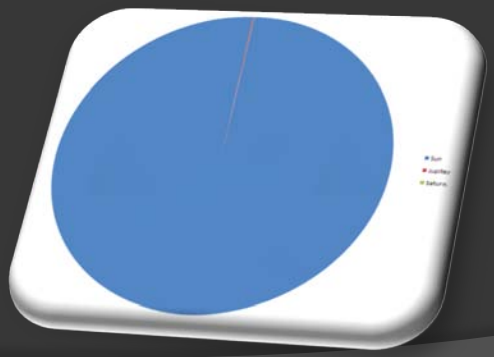
- تمایز سیارات از ستاره‌ها به زمان بابلی‌ها باز می‌گردد
- اولین منظومه شمسی را کاپرنیکوس (۱۵۴۲-۱۴۷۳) ارائه داد
- مشاهدات گالیله و کپلر و کار نظری نیوتون پایه‌ها تعریف دقیق و ریاضی منظومه شمسی را تکمیل کرد

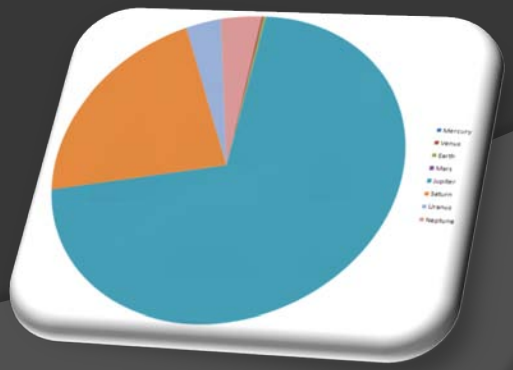
http://astr.tohoku.ac.jp/~akhlaghi/ محمد اخلاقی

# ساختار کلی منظومه شمسی (جرم و مدار)

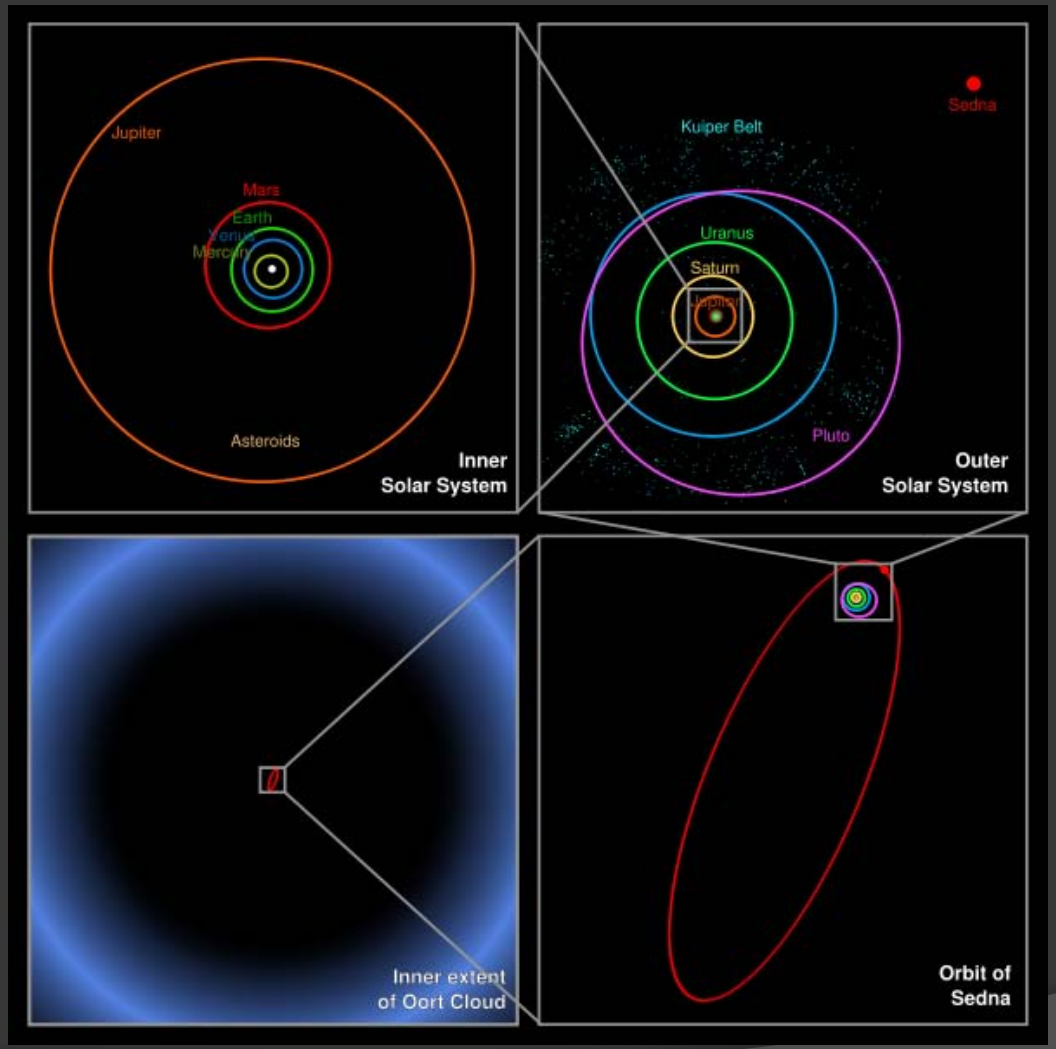
- خورشید اصلی‌ترین عضو منظومه شمسی است که ۹۹.۸۶٪ جرم آن را تشکیل می‌دهد
- چهار سیاره بزرگ گازی منظومه شمسی ۹۹٪ از جرم باقی‌مانده را شامل می‌شوند
- اکثر اجرام سنگین منظومه شمسی تقریبا در همان صفحه زمین و خورشید هستند (دایره‌البروج)
- قوانین سه‌گانه کپلر بر نوع حرکت سیارات به دور خورشید حاکم هستند
- به دلیل بزرگ بودن فاصله‌ها، مقیاس فاصله از این به بعد برای منظومه شمسی واحد نجومی خواهد بود:

**فاصله زمین تا خورشید = ۱۵۰ میلیون کیلومتر = یک واحد نجومی (Astronomical Unit)**



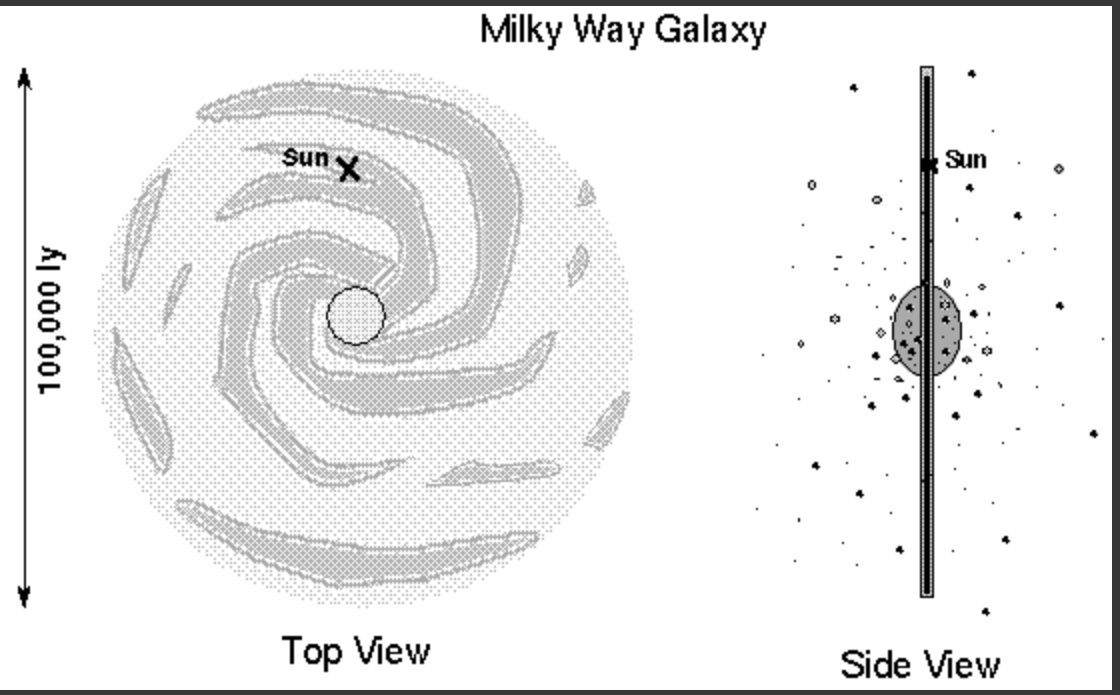


# ساختار کلی منظومه شمسی (مقیاس)




- در این شکل نسبت بن مدارها رعایت شده است:
- مدار سدنا در نزدیک ترین فاصله، ۷۶ واحد نجومی و در دورترین فاصله، ۹۲۸ واحد نجومی از خورشید فاصله می‌گیرد.
- عطارد ۰.۴ واحد نجومی، زهره ۰.۷ واحد نجومی، مریخ، ۱.۵ واحد نجومی، کمربند سیارک‌ها ۲.۳ تا ۳.۳ واحد نجومی، مشتری ۵.۲ واحد نجومی، زحل ۹.۵ واحد نجومی، اورانوس ۱۹.۶ واحد نجومی و نپتون ۳۰ واحد نجومی به طور متوسط از خورشید فاصله دارند.

# مقیاسی از اندازه‌های منظومه شمسی




**۱. مقیاسی از اندازه سیارات**

در شکل مقابل یکی از نقطه‌های کوچکی که شما در داخل مستطیل می‌بینید سیارهٔ زمین است!

**۲. مقیاسی از اندازه ها در منظومهٔ شمسی**

همانطور که می بینید مدار سیارات داخلی خیلی کوچک است(نسبت به مدار سیارات خارجی).

**۳. مقیاسی از موقعیت ما در کهکشان**

در شکل مقابل موقعیت ما را در کهکشان میبینید.

# محوطه رصدخانه گرتز پاریس

# نام گذاری اجزاء منظومه شمسی

- منظومه شمسی به طور غیر رسمی به دو بخش سیارات درونی و بیرونی تقسیم می‌شود. کمربند سیارک‌ها این دو جزء را از هم جدا می‌کنند.
- بر مبنای قوانین فیزیک و حرکت، اجرام منظومه شمسی به سه نوع سیاره، سیارات کوتوله و اجرام کوچک منظومه شمسی تقسیم می‌شوند.

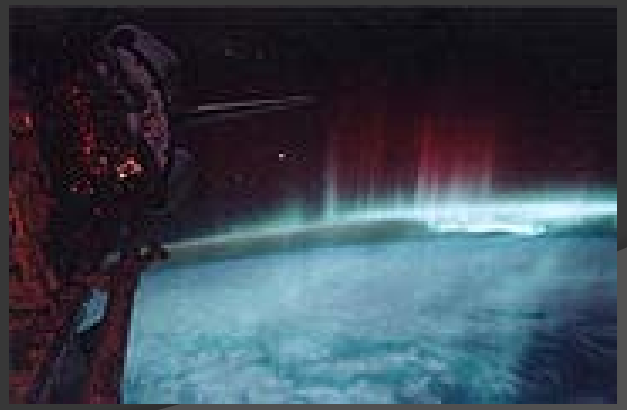
**سیاره:** هر شی چرخان به دور خورشید که جرمش به اندازه‌ای است که در اثر گرانش خود را کروی کرده باشد و فضای اطراف خود را از اجرام کوچک پاکسازی کرده باشد.

**سیاره کوتوله:** هر شی چرخان به دور خورشید که جرمش به اندازه‌ای است که در اثر گرانش خود را کروی کرده باشد. (پلوتون، سرس، Haumea، Makemake و Eris).

**اجرام کوچک منظومه شمسی:** باقی اجرام کوچکی که اطراف منظومه شمسی در حال چرخش هستند.

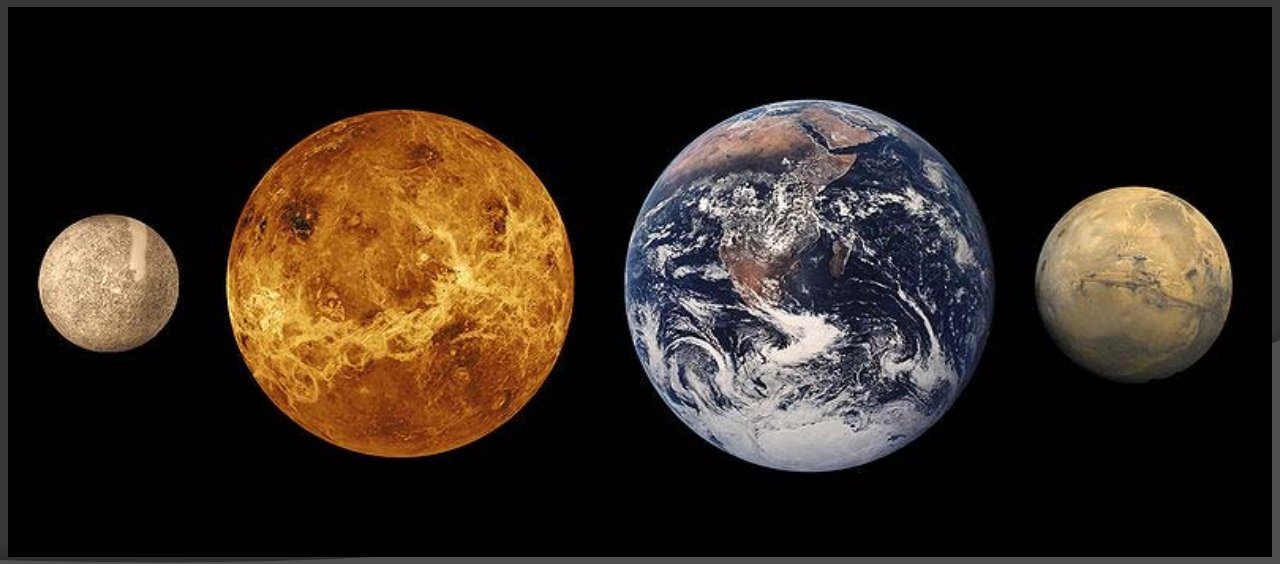
# خورشید و فضای میان‌ستاره‌ای

- جرم خورشید ۳۳۲۹۹۰ برابر جرم زمین است، این جرم به اندازه‌ای فشار در مرکز خورشید ایجاد می‌کند که همجوشی هسته‌ای در مرکز آن انجام می‌شود.
- خورشید در میانه‌ی عمر خود قرار دارد: ۴.۵ میلیارد سال و در نیمه دوم عمر گیتی ایجاد شده است.
- باد خورشیدی با سرعت ۱.۵ میلیون کیلومتر بر ساعت از خورشید خارج می‌شود.

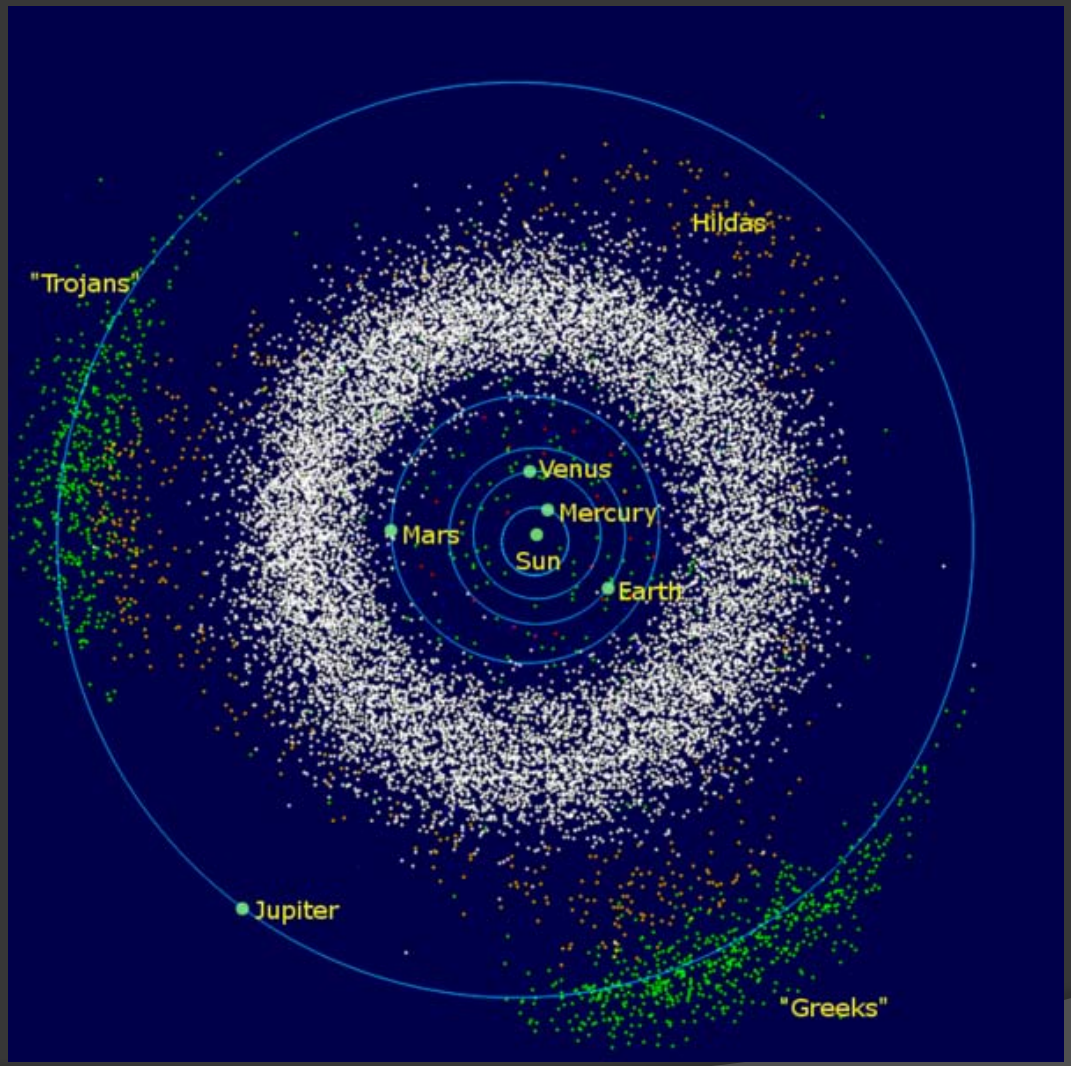


# سیارات داخلی

- چهار سیاره مرکزی منظومه شمسی چگال‌تر از بقیه سیارات و از جنس خاک هستند
- این سیارات عموما از ترکیبات سیلیکات دیر ذوب و فلزات تشکیل شده‌اند
- زهره، زمین و مریخ جو دارند
- همه آنها آثاری از برخورد دارند و عملیات آتش‌فشانی و تکتونیکی در همه آنها دیده می‌شود.

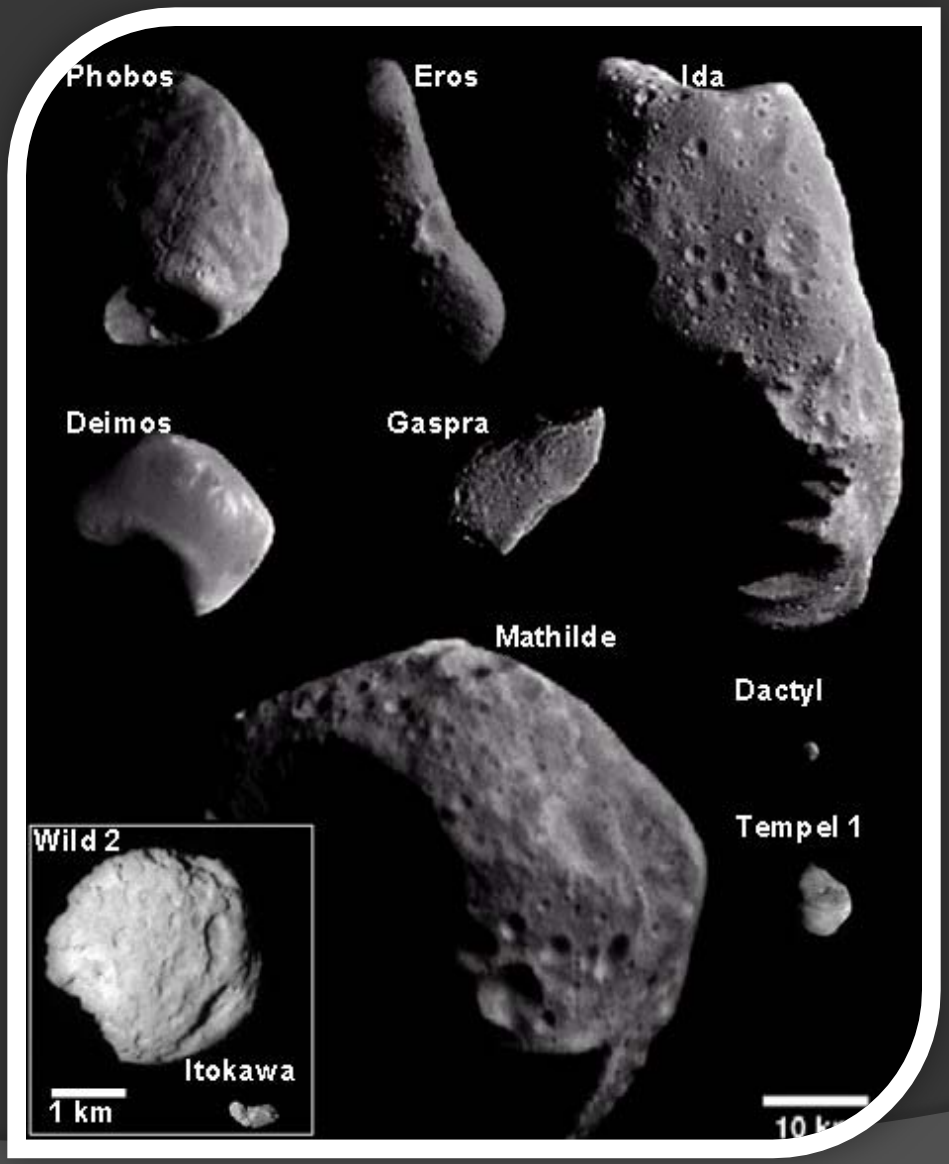


# کمربند سیارک‌ها




- سیارک‌ها اجرام کوچک منظومه شمسی هستند که عموما از آهن و مواد سخت ایجاد شده‌اند.
- کمربند سیارک‌های اصلی میان مدار مریخ و مشتری قرار دارند

# کمربند سیارک‌ها



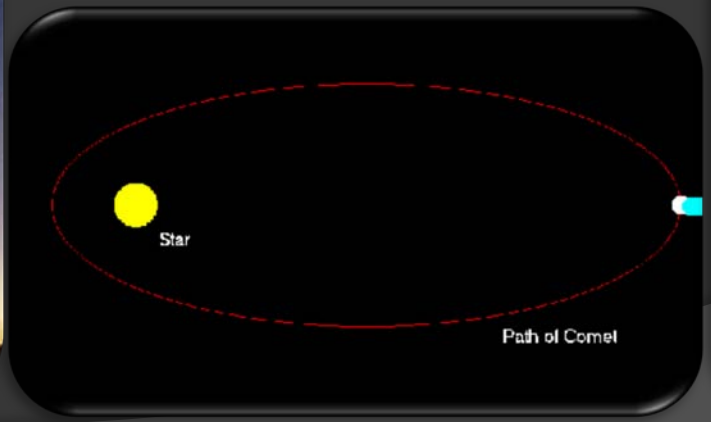

- عقیده بر این است که این تکه سنگ‌ها می‌توانستند سیاره‌ای ایجاد کنند ولی به دلایلی نتوانستند
- اندازه‌ی آنها از چند صد کیلومتر تا چند میلی‌متر است
- تمام سیارک‌ها به غیر از سرس، به عنوان جرم کوچک شناخته می‌شوند
- با وجود تعداد زیاد، جرم کل سیارک‌ها کمتر از یک هزارم زمین تخمین زده می‌شود.

# سیارات خارجی

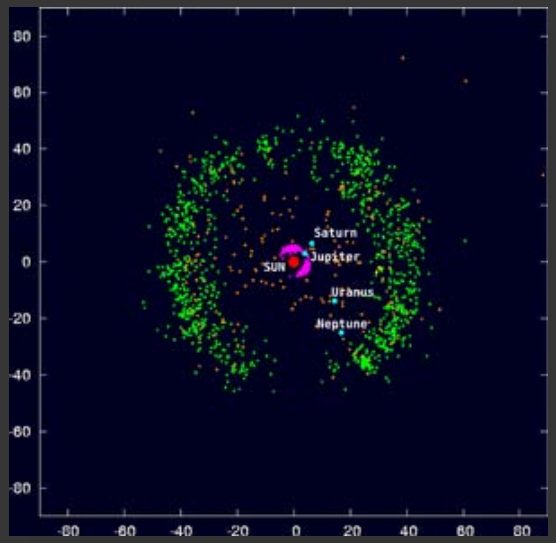
- سیارات خارجی (غول‌های گازی) همه از جنس گاز هستند
- مشتری و زحل بیشتر از هیدروژن و هلیوم تشکیل شده‌اند
- تمام سیارات خارجی حلقه‌هایی به دور خود دارند، که حلقه‌های زحل از همه بزرگ‌تر است.
- به دلیل دوری از خورشید، سطح اورانوس و نپتون عموما از یخ تشکیل شده است.

# دنباله‌دارها

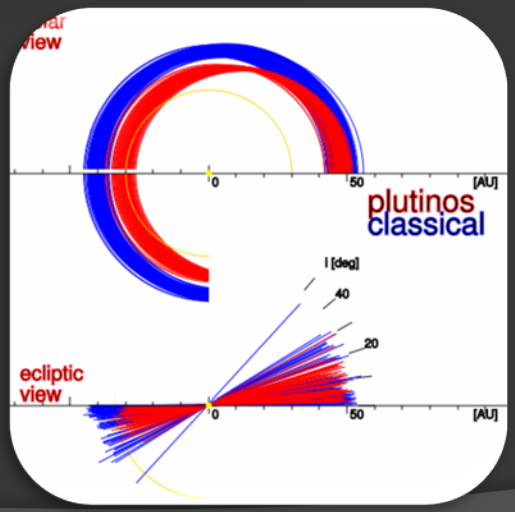
- دنباله‌دارها همگی از اجرام کوچک منظومه‌شمسی هستند که عموما به بزرگی چند کیلومتر هستند.
- مدارهای آنها خیلی بیضوی است؛ در اوج عموما از پلوتون دورتر می‌روند و در حضیض در سیارات داخلی قرار می‌گیرند.



# منطقه بعد از نپتون (کمربند کیوپر)

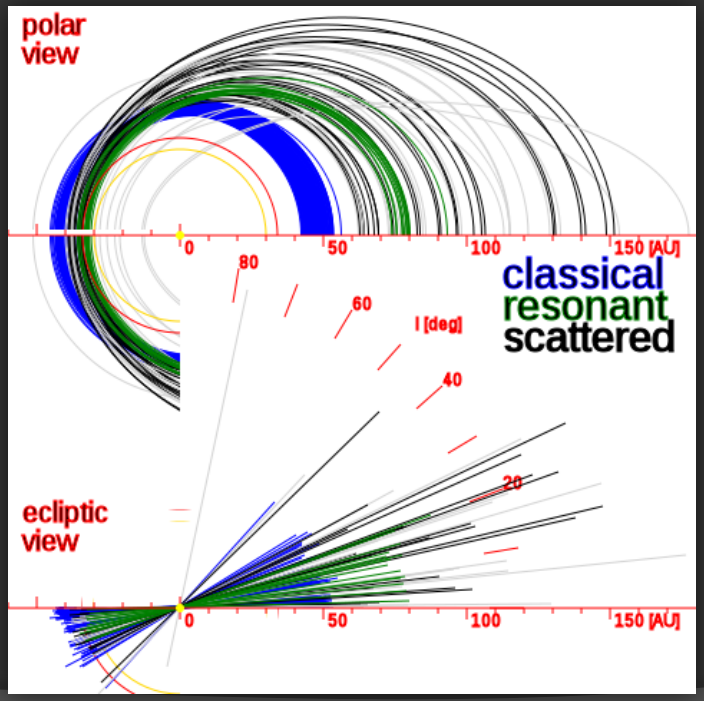


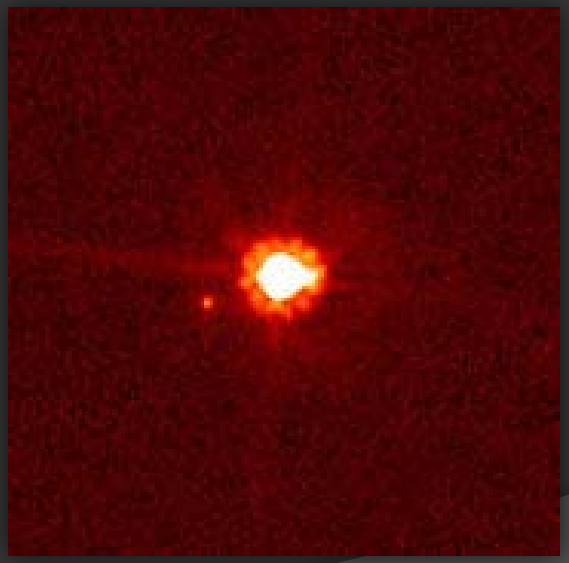

- این منطقه کمتر شناخته شده است
- کمربند کیوپر مانند کمربند سیارک‌ها است اما بیشتر از یخ و سنگ تشکیل شده است
- فاصله این کمربند بین ۳۰ تا ۵۰ واحد نجومی از خورشید است
- تخمین زده می‌شود که بیش از ۱۰۰هزار جرم کمربند کیوپر قطری بیش از ۵۰ کیلومتر داشته باشند.
- پلوتون (با فاصله ۳۹ واحد نجومی) بزرگترین جرم این کمربند است که تا سال ۲۰۰۶ جزو سیارات منظومه شمسی به حساب می‌آمد.



# منطقه بعد از نپتون (دیسک پراکنده)

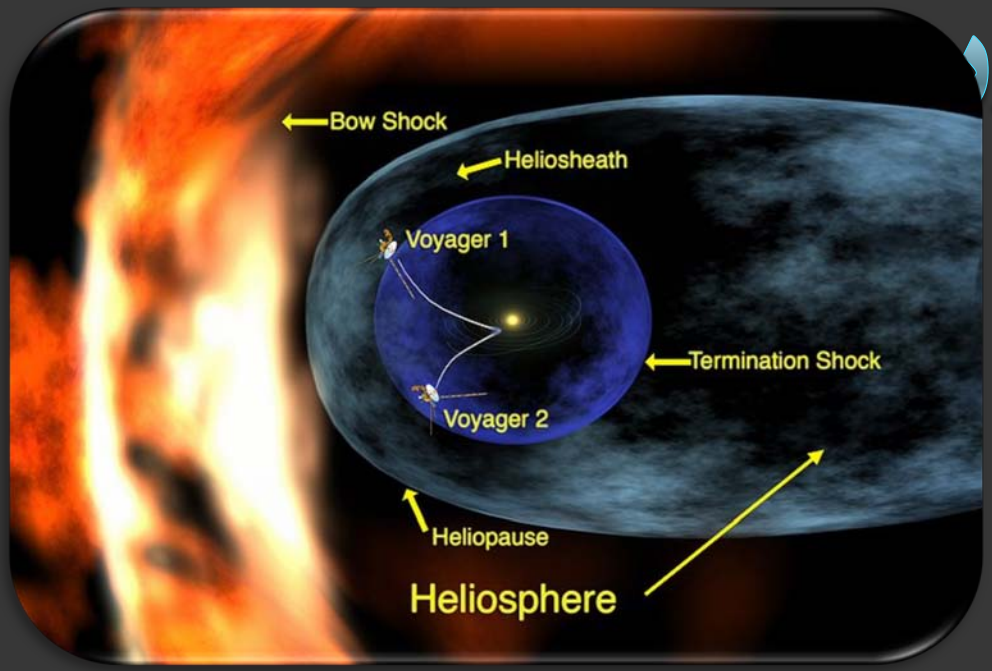
- دیسک پراکنده منطقه‌ی بعد از کمربند کیوپر است و عقیده بر این است که دنباله‌دارها از این منطقه ناشی می‌شوند
- اجرام درون دیسک پراکنده اوج‌هایی تا حدود ۱۵۰ واحد نجومی دارند و مدار اکثر آنها نسبت به دایره‌البروج خیلی زاویه دارد



اریس که در این عکس به همراه ماه خود دیده می‌شود، به طور متوسط ۶۸ واحد نجومی از خورشید فاصله دارد و تقریبا ۵٪ از پلوتون بزرگتر است.

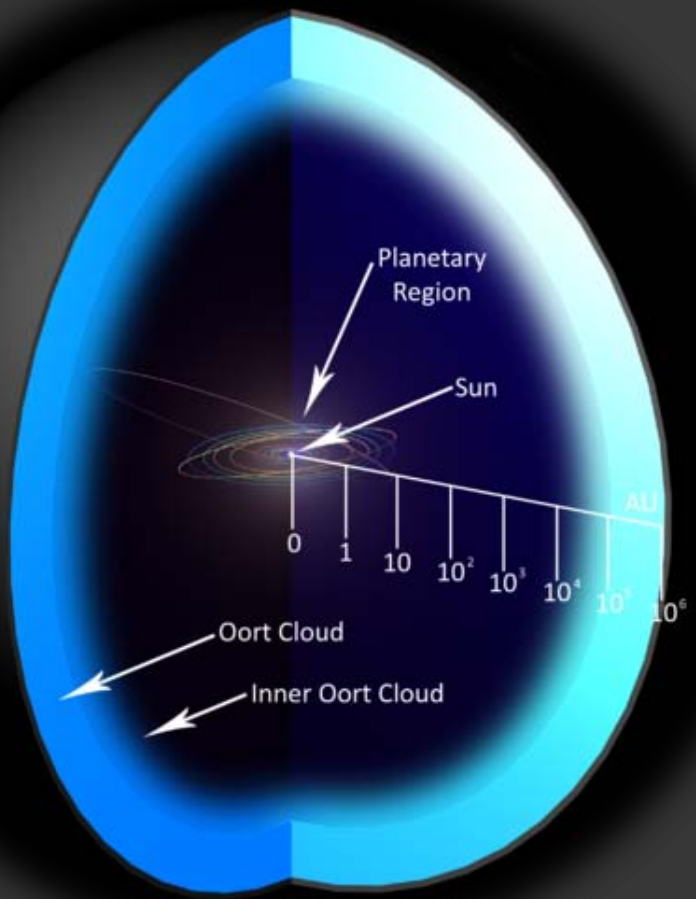
# منطقه‌های خیلی دور




- مرز میان منظومه شمسی و فضای میان ستاره‌ای دقیقا قابل تشخیص و تعریف نیست.
- به طور کلی اثر خورشید را می‌توان ناشی از باد خورشیدی یا اثر گرانشی خورشید دانست که بر اساس هر کدام، این منطقه متفاوت است.

- منطقه Heliopause آخرین فاصله‌ای است که بادهای خورشیدی می‌رسند که حدود ۱۶۰ واحد نجومی از خورشید دور است. به طور استاندارد این منطقه مرز میان فضای میان‌ستاره‌ای و منظومه شمسی است.
- با این حال منطقه‌ای که گرانش خورشید روی آن اثر گذار است حدود ۱۰۰۰ برابر دورتر است.

# ابر اورت




- ابر فرضی اورت (Oort) منطقه‌ای است که بیشتر از هراز میلیارد جسم کوچک در آن قرار دارد و عقیده بر آن است که تمام دنباله‌دارهای بلند دوره از این ابر ناشی می‌شوند
- فاصله‌ی آن بین ۵۰هزار واحد نجومی (تقریبا یک سال نوری) تا ۱۰۰هزار سال واحد نجومی (۱.۸ سال نوری) از خورشید تخمین زده می‌شود.

محمد اخلاقی

# سیارات منظومه شمسی

# عطارد

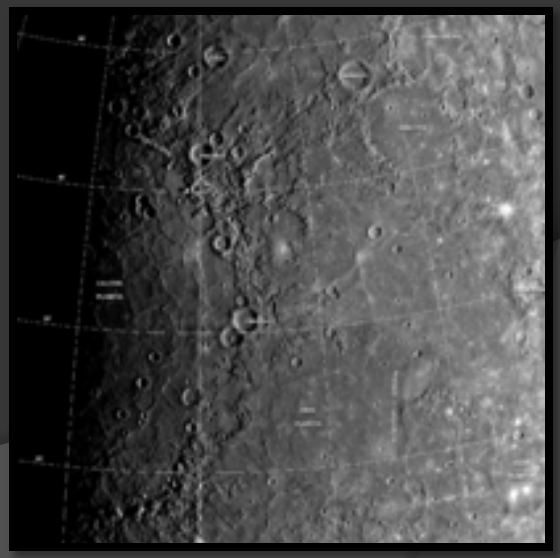
- عطارد در اسطوره‌ها و تاریخ
- شرایط فیزیکی
- مدار و چرخش

# عطارد در اسطوره‌ها و تاریخ

- نام سیاره‌ی عطارد از نام خدای پیام-بر، تجارت و سودآوری گرفته شده است.
- ریشه‌ی نام Mercury (معادل انگلیسی سیاره‌ی عطارد) در کلمات لاتین زیر دیده می‌شود؛ بازرگان (Merchant) یا تجارت (Commerce)
- به نظر می‌آید Mercury صفات شبیهی به هرمس یونانی دارد
- اولین اثار ثبت شده از این سیاره به ۱۴۰۰ سال قبل از میلاد توسط آشوریان باز می‌گردد
- بابلیان نیز هزار سال قبل از میلاد از این سیاره‌ی به عنوان پیغام-بر خدایان خود یا "نبو" نام برده‌اند
- یونانیان هنگامی که عطارد در صبح‌گاه دیده می‌شد آن را آپولو می‌نامیدند و هنگامی که در شامگاه دیده می‌شد آن را هرمس می‌نامیدند
- به علت سرعت زیاد حرکت آن در آسمان اکثر تمدن‌ها این سیاره را پیغام-بر می‌دانستند
- هندوها بودا را در این سیاره می‌دیدند و چینی‌ها آن را برای جهت‌یابی و جزر و مدهای رودخانه‌ی وو ژینگ استفاده می‌کردند
- در اسطوره‌های ایران مسلمان، مریخ فرشته ناظر بر نویسندگان و نامه‌نویسان بود

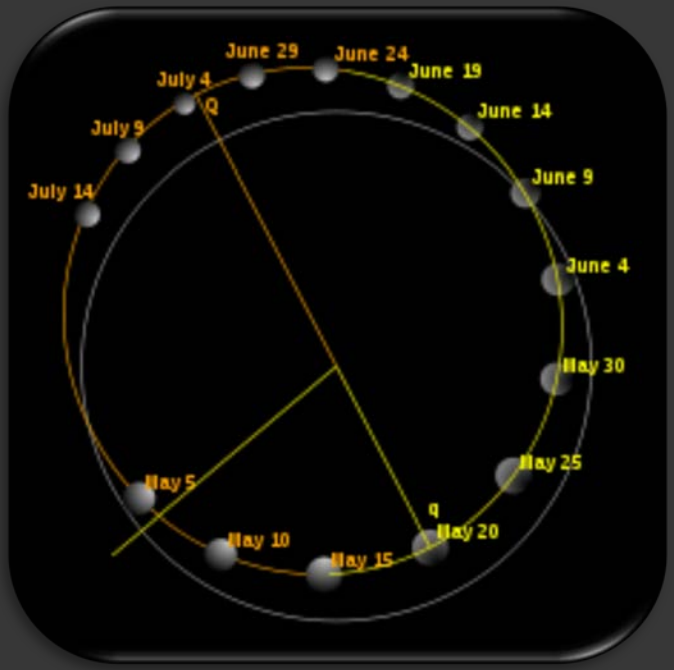
# شرایط فیزیکی

- عطارد با قطر ۲۴۴۰ کیلومتر کوچکترین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی است
- عطارد حتی از دو قمر مشتری؛ گانیمد و تیتان نیز کوچکتر است
- ۷۰٪ عطارد را عناصر آهنی تشکیل می‌دهد و ۳۰٪ آن را عناصر سیلیکاتی
- دومین بیشترین چگالی را در بین سیارات منظومه‌ی شمسی دارد (بعد از زمین)



- سطح عطارد شباهت زیادی به سطح ماه دارد
- دمای متوسط سطحی عطارد ۱۷۰ درجه‌ی سانتیگراد است
- در مناطق سایه دما ۱۷۰درجه زیر صفر است و در مناطق روشن ۴۳۰ درجه‌ی سانتیگراد است
- با وجود دمای بالا یخ در گودال‌های عمیق وجود دارد
- عطارد برای تشکیل جو جرم بسیار کمی دارد

# مدار و چرخش




- عطارد بیضی‌ترین مدار را در میان سیارات دارد
- یک سال روی عطارد معادل ۸۸ روز زمینی است
- محور چرخش مریخ به دور خود انحراف بسیار کمی نسبت به عمود بر صفحه‌ی چرخشش به دور خورشید دارد
- به علت بیضی شدگی زیاد در مدار عطارد و طول روز بسیار بلند خورشید در طول یک روز طلوع می‌کند، به قسمتی از آسمان که می‌رسد می‌ایستد و مسیری را که آمده است باز می‌گردد!
- به علت نزدیکی زیاد به خورشید و قرارگیری در میدان گرانشی شدید آن، مدار عطارد کمی با یک مدار عادی تفاوت‌هایی دارد. دانشمندان از حدود ۲۰۰ سال پیش راه حل‌های مختلفی برای آن پیشنهاد کرده بودند تا اینکه انشتاین توانست با نسبیت خاص خود این تفاوت‌ها را توجیه کند. این یکی از اولین اثبات‌های صادق بودن نظریه‌ی نسبیت عام انشتاین بود.

# زهره

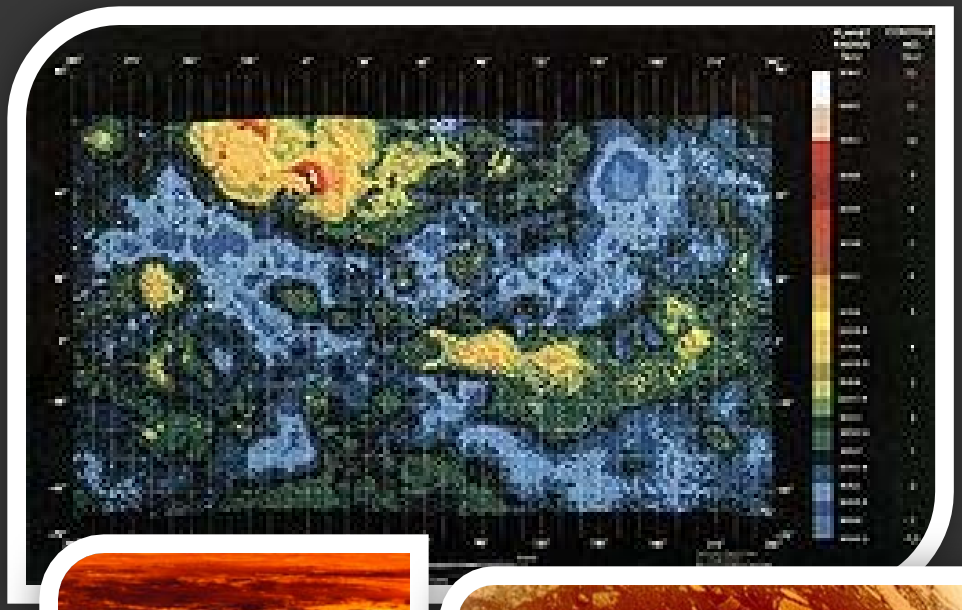
- زهره در اسطوره‌ها و تاریخ
- شرایط فیزیکی
- جو زهره
- مدار و چرخش
- شرایط رصدری
- حیات

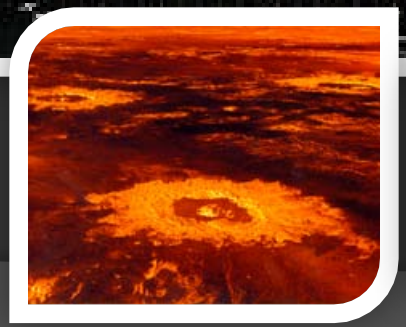
# زهره در اسطوره‌ها

- به دلیل درخشندگی بسیار زیاد، زهره از قدیم سهم زیادی در تمدن بشری داشته است.
- بابلی‌ها از حدود ۱۶۰۰ سال قبل از میلاد به رصد و جدول‌بندی موقعیت‌های این سیاره پرداخته‌اند، آنها این سیاره را ایشتر یا خدای عشق و زنانگی خود می‌نامیدند
- به نظر می‌آید ایرانیان باستان سیاره‌ی زهره را آناهیتا می‌نامیدند.
- یونانیان و مصریان این سیاره را هنگام طلوع و غروب متفاوت می‌دانستند
- زهره یکی از اصلی‌ترین خدایان رومی به حساب می‌آید که با خدای عشق، زیبایی و باروری شناخته می‌شود
- اصلی‌ترین عامل تعیین‌کننده تقویم مایاها سیاره‌ی زهره بود
- علامت زهره (یک دایره با علامت جمع زیر آن) در زیست به عنوان جنس ماده شناخته می‌شود و در کیمیاگری این علامت عنصر مس را نشان می‌دهد به این دلیل که در دوران باستان آینه‌ها را با مس می‌ساختند و این علامت به عنوان آیینه‌ای از زهره شناخته می‌شده است
- در اسطوره‌های اسلامی، زهره فرشته ناظر بر بانوان موسیقی‌زن بوده است

# شرایط فیزیکی

- قطر زهره حدود ۶۵۰ کیلومتر کوچکتر از زمین است و جرم آن ۸۱.۵درصد جرم زمین است
- ۹۶.۵درصد جو زهره دی‌اکسید کربن است و باقی آن بیشتر از نیتروژن تشکیل شده است
- اطلاعات بسیار کمی از شرایط ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی زهره وجود دارد





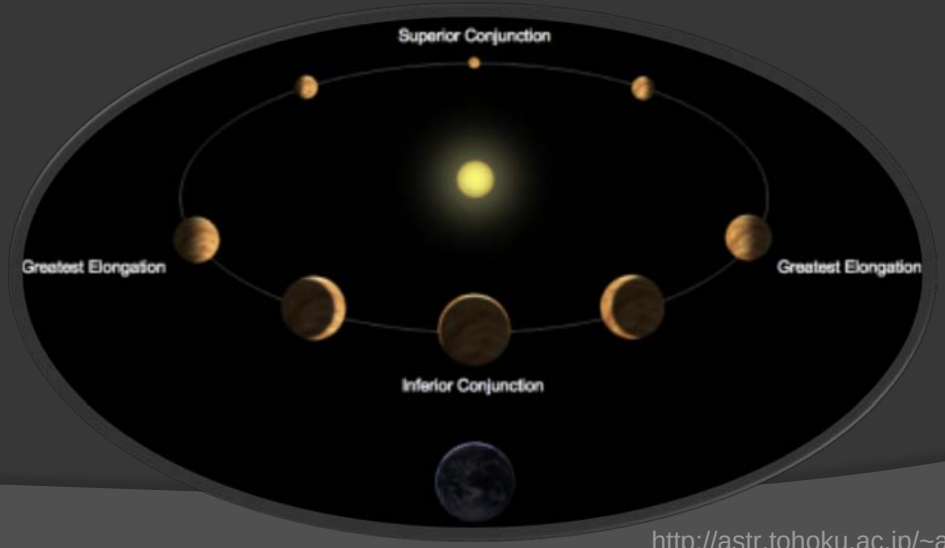
- دو قاره مرتفع نسبت به باقی سطح روی زهره وجود دارند، قاره بالایی ایشتر (خدای عشق بابلی) نامیده شده و تقریبا اندازه استرالیاست، قاره جنوبی آفرودیت (خدای عشق یونانی) نامیده شده است. بلندترین قله مریخ (ماکسول) به ارتفاع ۱۱ کیلومتر در قاره ایشتر قرار دارد.
- حدود ۱۶۷ آتشفشان فعال روی سطح زهره قرار دارند
- بیشتر از هزار گودال روی سطح مریخ قرار دارند (قطر همه از ۳ کیلومتر بیشتر است، بزرگترین گودال ۲۸۰ کیلومتر است)

# جو زهره

- جرم کلی جو زهره ۹۳ برابر جرم جو زمین است
- فشار هوا روی سطح زهره معادل فشار آب در عمق ۱ کیلومتر اقیانوس‌های زمین است
- ابرهای دی‌اکسید کربن سطحی مریخ به همراه جو دی‌اکسیدکربن آن بدترین اثر گلخانه‌ای منظومه‌شمسی را روی زهره ایجاد کرده‌اند.
- دمای سطحی جو به ۴۶۰ درجه سانتیگراد می‌رسد و سطح زهره را از عطارد گرم‌تر می‌کند
- ابرهای اسیدسولفوریک حدود ۶۰درصد نور خورشید را منعکس می‌کنند
- ابرهای زهره به راحتی رعد و برق‌های قوی تولید می‌کنند

# مدار و چرخش زهره

- فاصله متوسط زهره از خورشید ۱۰۸ میلیون کیلومتر است در نتیجه سال آن ۲۲۴.۶۵ روز زمینی طول می‌کشد
- مدار زهره از مدار تمام سیارات دایره‌تر است، در نزدیک‌ترین موقعیت ۴۱ میلیون کیلومتر از زمین فاصله دارد
- چرخش روزانه زهره به دور خود ۲۴۳ روز زمینی به طول می‌انجامد (روز نجومی) ولی روز خورشیدی آن ۱۱۶.۷۵ روز است و خورشید از غرب طلوع می‌کند
- زهره در حال حاضر هیچ قمری ندارد ولی سیارک 2002VE68 در یک شبه مدار به دور زهره در حال چرخش است.
- طبق نظر تعدادی از دانشمندان زهره هم مانند زمین، قمری داشته اما احتمالا به دلیل یک برخورد بزرگ چرخش زهره معکوس شده و ماه جذب زهره شده و در آن حل شده است.



# رصد کردن زهره

- زهره درخشان‌ترین جرم قابل مشاهده در آسمان است

- هلال‌های زهره که از تلسکوپ قابل دید هستند

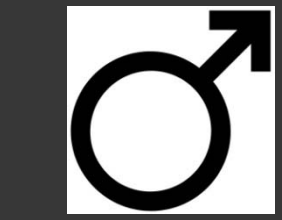
- گذر زهره از وقایع نادر و بسیار زیبای زهره از لحاظ رصدی است

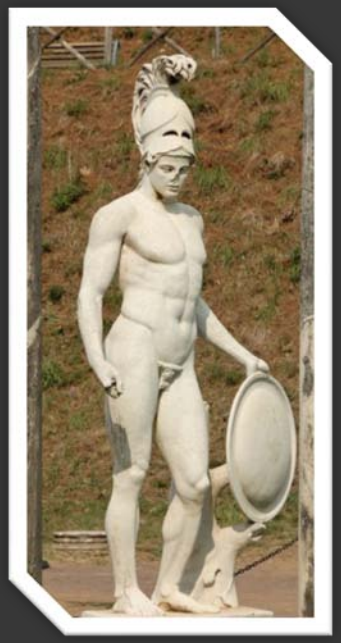
http://astr.tohoku.ac.jp/~akhlaghi محمد اخلاقی

# مریخ

- مریخ در اسطوره‌ها
- تاریخ شناخت
- شرایط فیزیکی
- گذشته‌ی مریخ
- مدار و چرخش
- قمرها
- اکتشافات
- حیات

# مریخ در اسطوره‌ها





- در فرهنگ بابلیان مریخ نشان‌دهنده‌ی "نرگال" یا خدای آتش، جنگ و نابودی بوده
- در ایران باستان این سیاره نماینده‌ی خدای ایمان زردشتیان یا بهرام بوده است
- مریخ نام خدای جنگ رومیان باستان است
- پسر جونو و ژوپیتر (خدای خدایان) و همسر بلونا و عاشق ونوس.
- در اسطوره‌ها مریخ پدر افسانه‌ای رومولوس (سازنده‌ی رم) بوده و بر همین اساس او را پدر الهی تمام رومیان می‌دانند.
- نام مریخ هنوز هم برای اسطلاحات رزمی استفاده می‌شود:

Martial Arts & Martial law

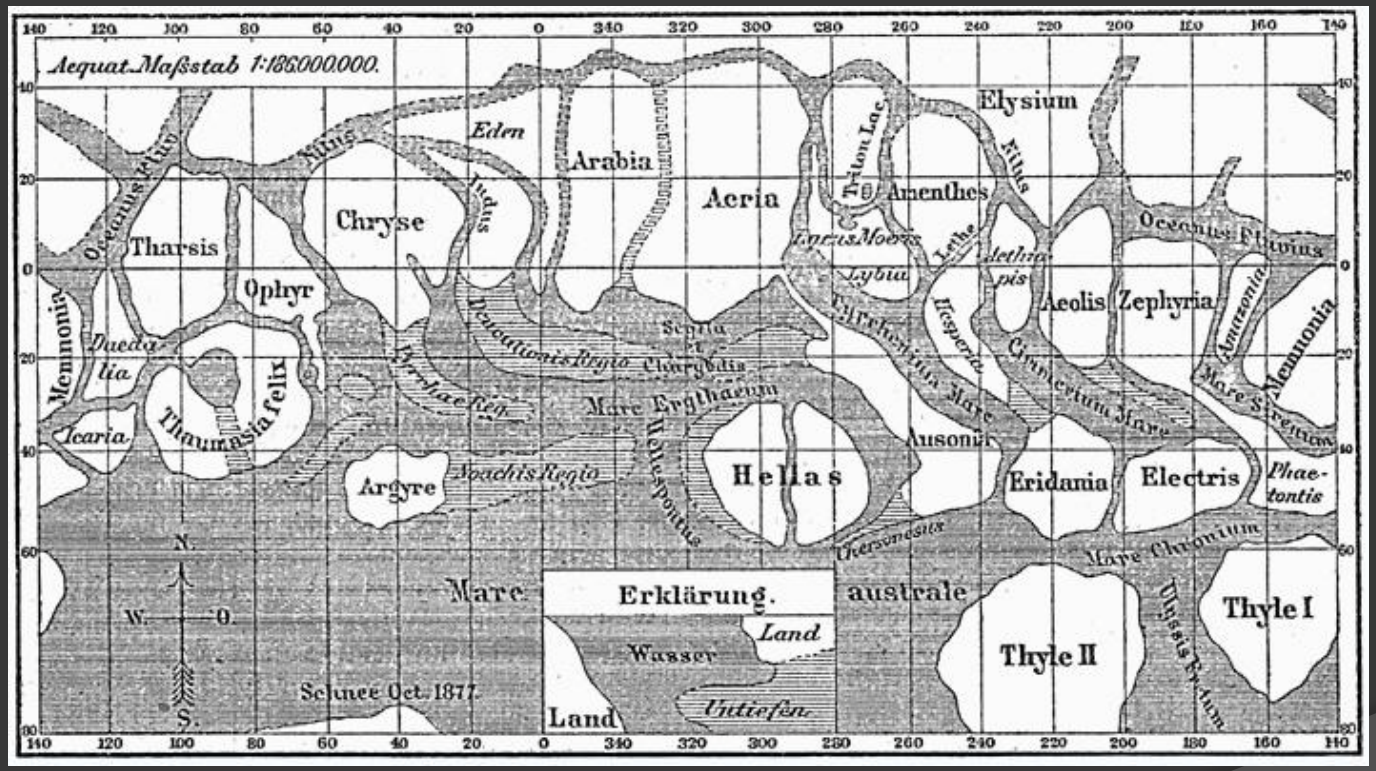
- نام مارتین در زبان‌های اروپایی از همین خدا گرفته شده است.
- در اکثر تمدن‌ها، مریخ خدای روز سوم هفته است:

Martes (Spanish) یا Mardi (French)

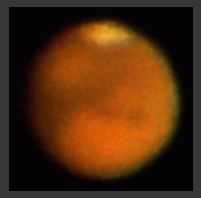
- نام ماه سوم سال میلادی (March) نیز از همین خدا منشا می‌شود.
- علامت مریخ (که مانند یک فرد سپر به دست است) در زیست به عنوان جنس نر و در شیمی به عنوان علامت فلز آهن استفاده می‌شود.
- در اسطوره‌های ایران اسلامی، مریخ فرشته ناظر بر تمام افرادی بوده که به هر شکلی کارشان با خون (چه انسان و چه حیوان) ارتباط داشته است

# تاریخ شناخت مریخ

- در روز ۵ام سپتامبر ۱۸۷۷ مریخ در مدار خود از نزدیکی زمین گذشت و Giovanni Schiaparelli (منجم میلانی)، آن را با یک تلسکوپ ۲۲ سانتی رصد کرده و نقشه‌ای از سطح آن ترسیم کرد:

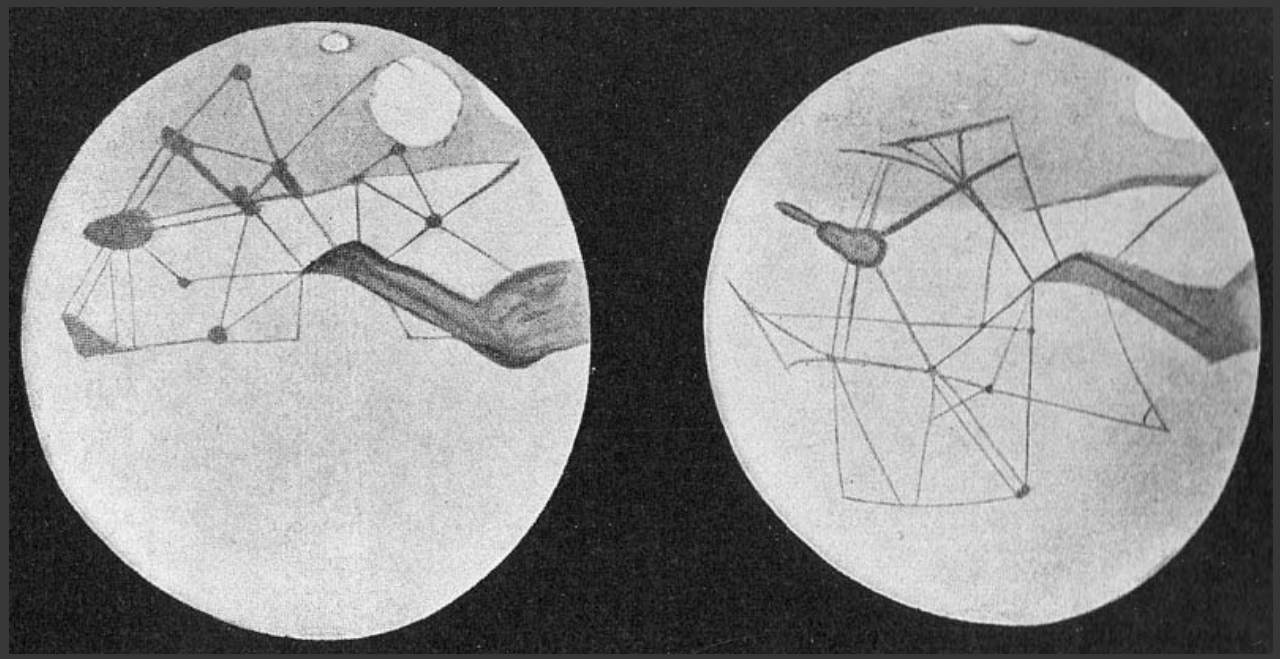



- در نقشه‌ی خود، او خطوط بلند و تیره‌ای کشید که نام آنها را کانالی به عنوان رودخانه گذاشت که نام آنها را از رودخانه‌های معروف زمین گرفته بود، بعد از او خیلی‌ها این واژه را با کانال یا تونل اشتباه گرفتند



# تاریخ شناخت مریخ (ادامه)

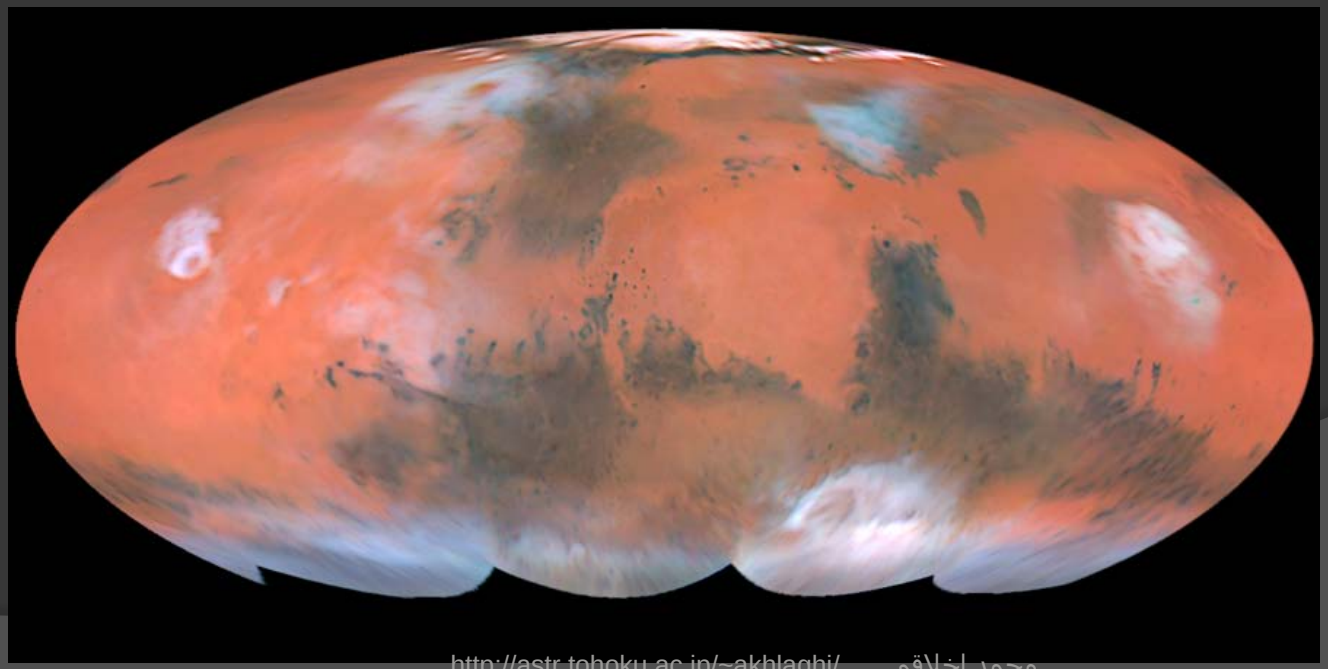
- با شهرت یافتن مریخ به خاطر کانال‌هایش، Percivall Lowell رصدخانه‌ای با تلسکوپ‌های ۳۰ و ۴۵ سانتی تاسیس و آن را وقف مطالعه‌ی مریخ کرد:



- به علت طوفان‌های شن عظیمی که سطح مریخ را فرا می‌گیرد، در فصل‌های خاصی نقاطی از سطح مریخ تغییر رنگ می‌دادند که باعث می‌شد دانشمندان و مردم قرن نوزدهم فکر کنند این تغییر رنگ به علت تغییر محصول مریخیان است، این تفکر حتی تا دهه‌ی ۱۹۶۰ ادامه داشت.

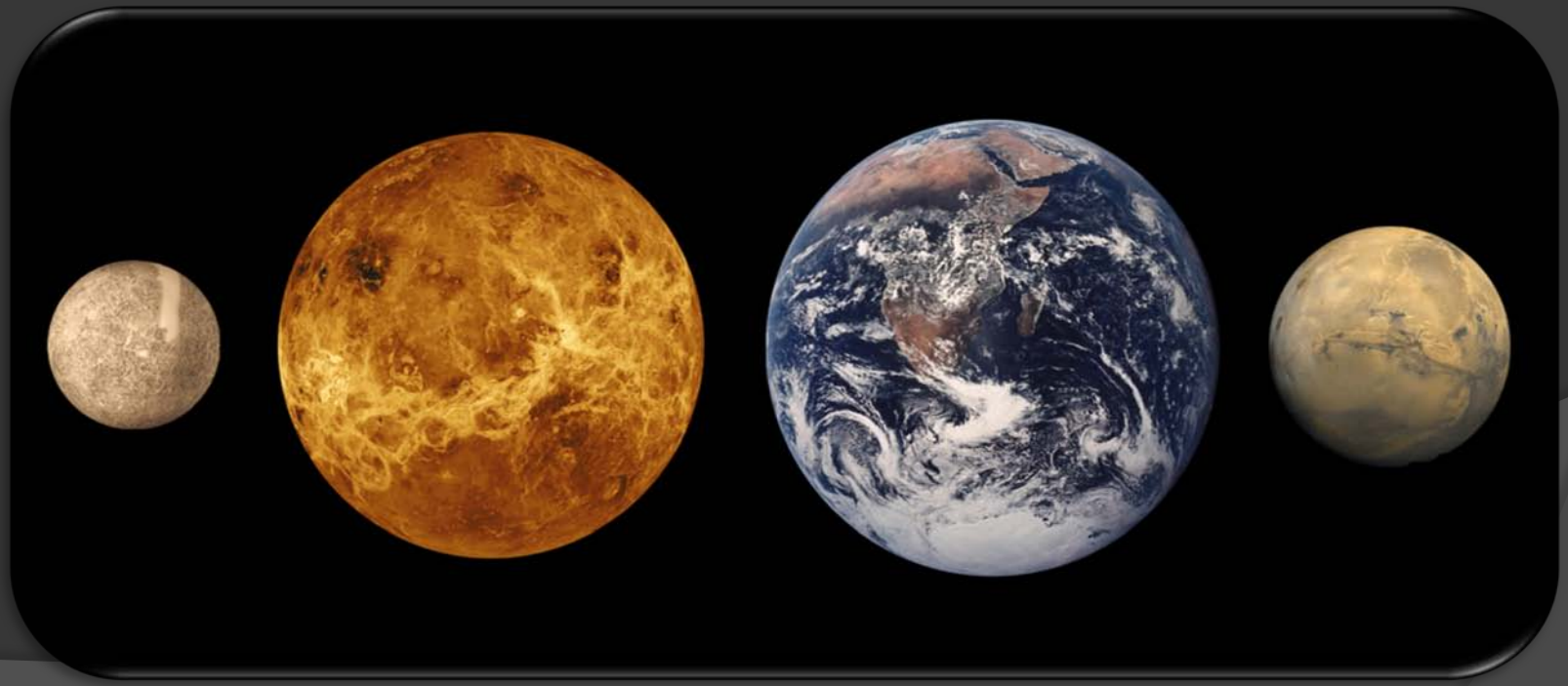
# تاریخ شناخت مریخ (ادامه)

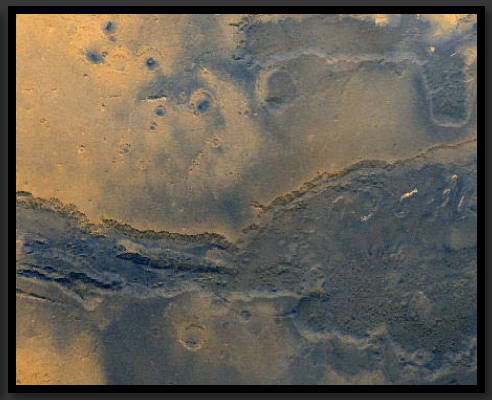
- ایده‌ی وجود حیات متمدن در مریخ تا زمانی که مریخ‌نوردان ناسا در دهه‌ی ۱۹۶۰ به سطح مریخ رسیدند پا بر جای بود. این مریخ‌نوردان بودند که نشان دادند مریخ سیاره‌ای خشک، بی‌جان و خطرناک برای حیات است.
- نقشه‌برداری از سطح مریخ به آرامی انجام شد تا اینکه در سال ۱۹۹۶ Mars Global Surveyor، برای این کار پرتاب شد و ماموریت آن تا ۲۰۰۶ ادامه داشت. نقشه‌ی این ماهواره بسیار دقیق و کامل است.
- در زیر عکسی دقیق از سطح مریخ توسط هابل دیده می‌شود:



# شرایط فیزیکی

- قطر مریخ تقریبا نصف قطر کره‌ی زمین است
- سطح آن کمی از مجموع مساحت خشک زمین کوچکتر است
- از نظر اندازه، جرم و گرانش سطحی، مریخ تقریبا حد فاصل زمین و ماه است؛ قطر زمین ۲برابر مریخ است و قطر مریخ تقریبا ۲برابر ماه. جرم زمین ۱۰ برابر مریخ است و مریخ ۱۰ برابر ماه جرم دارد.
- قرمزی سطحی مریخ به دلیل تری‌اکسیدآهن است، یا هماتیت یا آهن زنگ‌زده





# گذشته‌ی مریخ

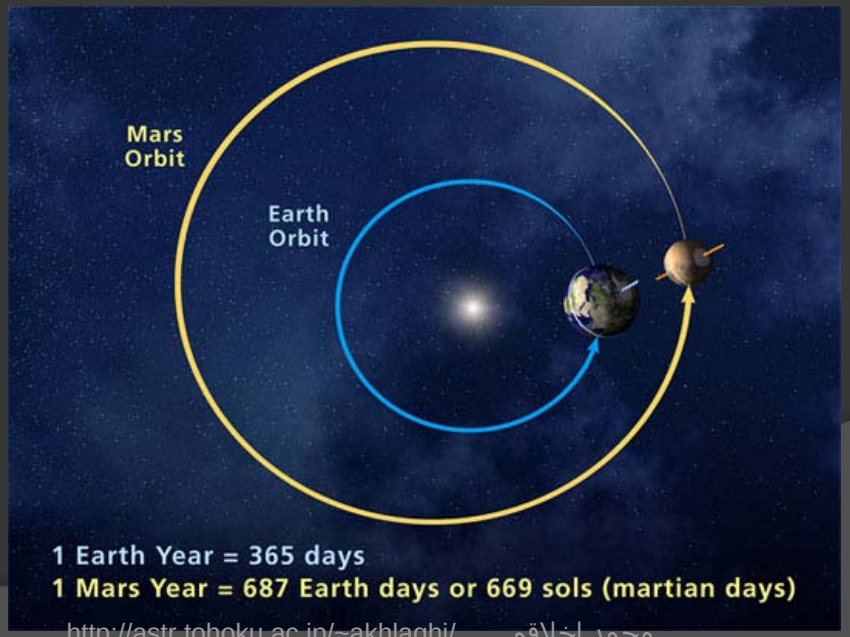
- وجود میدان‌های مغناطیسی ضعیف روی سطح مریخ و وجود راه‌آب‌های سطحی مریخ شواهدی برای فرضیات متعددی در مورد مریخ هستند مانند اینکه:
- جرمی بزرگ، احتمالا یک سیارک، مدتی به دام گرانش مریخ افتاده بوده که با چرخش خود (تغییراتی که در گرانش مواد مرکزی آن ایجاد می‌کرده)، هسته‌ی مریخ را ذوب کرده و باعث ایجاد میدانی مغناطیسی شده که جو مریخ را از پرتوهای خورشیدی سالم نگاه می‌داشت که اجازه داد آب مایع روی سطح آن باقی بماند
- احتمالا شهابی بزرگ یا همان سیارک به مریخ برخورد کرده، تکه‌ای از خاک آن را کنده و مرکز آن خشک و ساکن شده است، به نظر می‌آید گودالی که در خاک مریخ ایجاد کرده نزدیک‌های قطب شمال آن باشد. میدان‌های مغناطیسی از بین رفته و پرتوهای خورشیدی جو و آب مایع آن را از بین برده‌اند
- نبود قمر برای پایدار کردن چرخش مریخ، باعث شده است سیاره‌ی مریخ نوسانات عظیمی داشته باشد که می‌توانند به طور موقت میدان مغناطیسی و حتی در مواقعی شرایط را برای ایجاد آب مایع روی سطح آن را ایجاد کنند.

# WATER ON MARS

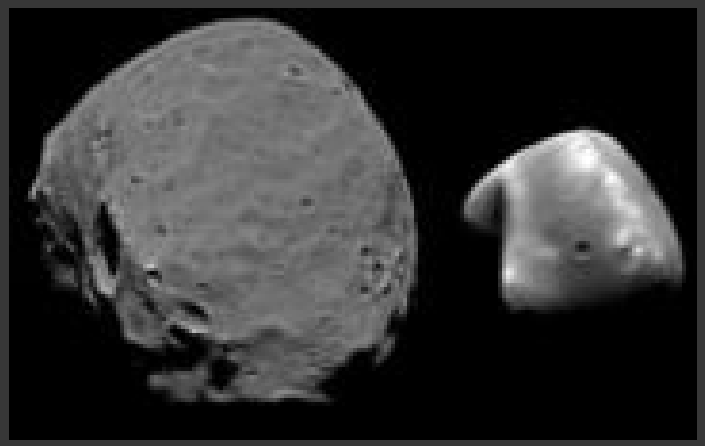
- عکس زیر به عنوان عکس روز نجومی در اول آگوست ۲۰۰۵ شناخته شد:

# مدار و چرخش

- فاصله متوسط مریخ از خورشید در مدار خود ۲۳۰ میلیون کیلومتر یا ۱.۵ برابر فاصله‌ی متوسط زمین از خورشید (واحد نجومی) است.
- روز روی مریخ تقریبا معادل زمین است: ۲۴ ساعت و ۳۹ دقیقه و ۳۵.۲۴۴ ثانیه.
- سال (زمانی که چرخش مریخ به دور خورشید طول می‌کشد) روی مریخ ۱ سال و ۳۲۰ روز و ۱۸.۲ ساعت است.
- انحراف محور چرخش مریخ ۲۵.۱۹درجه است، به همین دلیل فصل‌هایی مانند زمین دارد
- مدار مریخ بیضی‌تر از مدار زمین است:

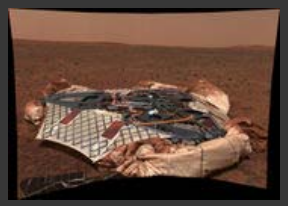


# قمرهای مریخ



- مریخ دو قمر کوچک در فاصله‌ی نزدیک به خود دارد به نام‌های فوبوس و دیموس
- از لحاظ اسطوره‌ای هر دو قمر پسران آرس (خدای جنگ یونان) هستند که در تمام جنگ‌ها همراه پدر خود به جنگ می‌رفتند
- هر دو توسط Asaph Hall در سال ۱۸۷۷ میلادی کشف شده‌اند.
- به علت مدار بسیار ناهمگن فوبوس پیشبینی می‌شود این قمر ۵۰ میلیون سال دیگر یا به سطح مریخ برخورد می‌کند یا به کلی متلاشی شده و حلقه ایجاد می‌کند (مانند زحل).
- فوبوس قمر بزرگتر و دیموس قمر کوچکتر است
- مدار هر دو نزدیک استوای مریخ است.

# اکتشافات مریخ

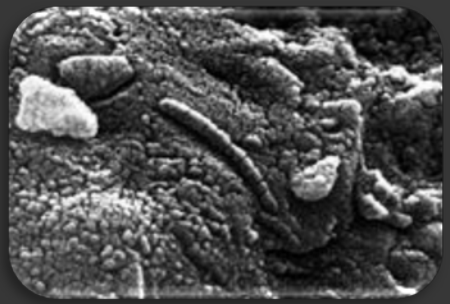


- شوروی، ایالات متحده، اروپا و ژاپن ماموریت‌هایی را برای اکتشاف جو و سطح مریخ انجام داده‌اند.
- حدود دو سوم ماموریت‌های انجام شده موفق نبوده‌اند
- اولین گذر از کنار مریخ توسط مارینر ۴ در سال ۱۹۶۴ انجام شد.
- مارینر ۹ اولین ماهواره‌ای بود که در سال ۱۹۷۱ در مدار مریخ قرار گرفت
- شوروی اولین کشوری بود که در سال ۱۹۷۱ ماهواره‌ی خود را روی مریخ فرود آورد اما چند ثانیه بعد از فرود تماس خود را از دست دادند.

- در سال ۱۹۷۵ ناسا ماموریت‌های وایکینگ را انجام داد که طی آن دو ماهواره روی سطح مریخ با موفقیت فرود آمدند؛ وایکنیگ ۱ شش سال فعال بود و وایکینگ ۲ سه سال.
- از ماموریت‌های موفقیت آمیز بعد Mars Global Survayer و Mars Pathfinder بود که در سال ۱۹۹۶ پرتاب شدند.
- در سال ۲۰۰۳ روح و فرصت برای نشتن روی مریخ پرتاب شدند و به طور شگفت‌آوری هنوز هم موفق به فعالیت و جمع‌آوری داده از اطلاعات زمین‌شناسی مریخ هستند.

# حیات در مریخ

- از قرن ۱۷ام که تلسکوپ ساخته شد، وجود قطب‌های یخی، روز و فصل در مریخ دیده شده بود.
- William Whewel، در ۱۸۵۴ استاد کمبریج اولین نظریه‌ی وجود دریاها روی مریخ را داد که خیلی رایج شد و طرفداران زیادی پیدا کرد
- مارینر ۴ در اولین عکس‌های خود، فشار پایین جوی، نبود صفحات تکتونیکی و نبود میدان مغناطیسی را روی مریخ ثابت کرد و احتمال وجود حیات روی آن را در نظر عموم بسیار پایین آورد.
- اصلی‌ترین هدف وایکینگ‌ها پیدا کردن میکرواورگانیسم‌های زنده روی مریخ بود، با وجودی که داده‌ی قابل اعتمادی بدست نیامد، تعدادی از دانشمندان با نقد روش‌های آزمایش، در درستی نتایج شک دارند.



شهاب ALH84001 که در قطب جنوب پدا شده است

# مشتری

- مشتری در اسطوره‌ها
- ساختار فیزیکی
- حلقه‌های مشتری
- مدار و چرخش
- رصد مشتری
- تحقیقات و اکتشافات
- اثر روی منظومه‌شمسی

# مشتری (ژوپیتر) در اسطوره‌ها



- ژوپیتر در اساطیر روم همان زئوس در اساطیر یونان بوده است
- در اساطیر روم ژوپیتر شاه خدایان بود
- ژوپیتر را نماد عدالت کیهانی می‌دانستند
- ژوپیتر پسر سترن (زحل)، پدر مریخ و زهره و برادر اورانوس و نپتون بوده است.
- در اسطوره‌شناسی و طالع‌بینی ایرانیان بعد از اسلام، مشتری مورد علاقه‌ترین سیاره بوده است که ترکیبی متعادل از گرما و رطوبت به حساب می‌آمده.
- مشتری دلیل وفور برای تمام موجودات عالم بوده است به همین دلیل او را ستاره‌ی بزرگ وفور می‌دانستند، در حالی که زهره ستاره کوچک وفور بوده است.
- قران این دو سیاره کنار هم یک علامت بسیار سعید به حساب می‌آمد.

Fig. 9. JUPITER AND THE SIGN OF THE LION
Below Saturn, Mercury, Jupiter, Venus, Mars.
*Abu Ma'shar, "Treatise on Astrology" (Bibliothèque Nationale).*

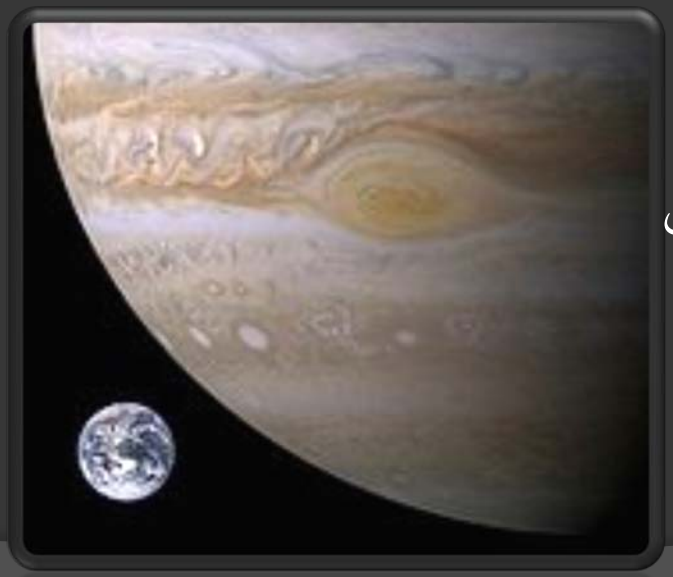
http://astr.tohoku.ac.jp/~akhlaghi/ محمد اخلاقی

Fig. 10. MARS AND THE RAM IN CONJUNCTION WITH JUPITER
On the right is the Sun. Below the five 'Stupefied planets.'
*Abu Ma'shar*, "*Treatise on Astrology*" (*Bibliothèque Nationale*).

http://astr.tohoku.ac.jp/~akhlaghi/ محمد اخلاقی

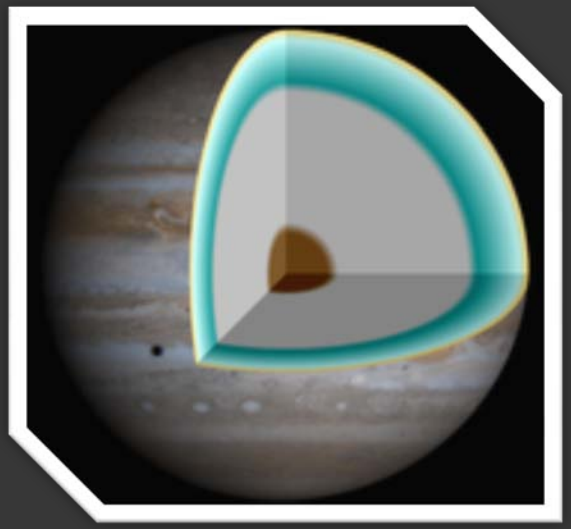
# ساختار فیزیکی

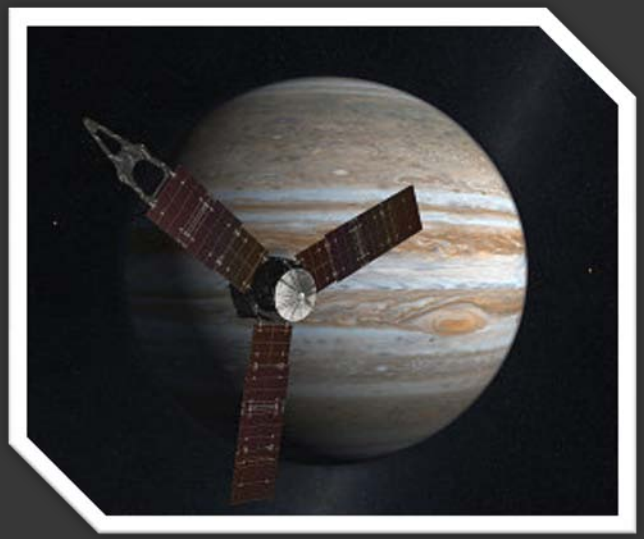
- مشتری ۲.۵ برابر مجموع جرم سایر سیارات است، مشتری بزرگترین جرم منظومه شمسی است
- حدود ۸۰ درصد گاز مشتری هیدروژن است
- ترکیب عناصر در مشتری از لحاظ نظری خیلی شبیه به منظومه شمسی اولیه است
- کوچکترین کوتوله قرمز دیده شده فقط ۳۰درصد از مشتری بزرگتر است



- اگر مشتری ۷۵ بار از وزن فعلی خود سنگین‌تر بود، واکنش‌های هسته‌ای در آن روی می‌داد.
- با این وجود انرژی تابشی از سطح مشتری بیشتر از انرژی وارد شده به آن از طرف خورشید است
- همین تابش باعث کوچک شدن شعاع آن به مقدار ۲ سانتیمتر در سال می‌شود
- هنگام تشکیل منظومه شمسی، شعاع مشتری ۲برابر بود

# ساختار درونی مشتری





- هسته مشتری ترکیبی از عناصر مختلف و به صورت جامد است
- مشاهدات گرانشی برای اثبات وجود هسته هنوز خیلی دقیق نیستند، اما بر اساس این مشاهدات می‌توان گفت:
- جرم هسته مشتری بین ۱۲ تا ۴۵برابر جرم زمین است
- طبق بهترین نظریات، اول باید هسته‌ای جامد و سنگین در منظومه شمسی اولیه تشکیل می‌شد که بتواند این حجم گاز را اطراف خود نگه‌دارد
- البته این هسته جامد بر اثر جرم زیاد گاز و جریانات گازی بسیار پرفشار، شاید الان از بین رفته باشد.

- ماموریت جونو (JUNO) که قرار است در سال ۲۰۱۱ پرتاب شود، قرار است مشاهدات ما را روی همین مساله خیلی دقیق‌تر کند.
- هسته‌ی مشتری را لایه‌ی ضخیمی از هیدروژن فلزی احاطه کرده است که ۷۸درصد شعاع آن را تشکیل می‌دهد، معادلات می‌گویند که در این منطقه دما ۲۰هزار درجه کلوین است و فشار ۲۰۰ گیگا پاسکال

# جو مشتری

- مشتری کلا از لایه‌هایی از آمونیاک و هیدروسولفات آمونیاک پوشیده شده است
- ابرها به بر اساس عرض جغرافیایی به منطقه‌های تاریک و روشن تقسیم شده‌اند.
- برخورد این مناطق طوفان‌های عظیمی با سرعت ۳۶۰کیلومتر بر ساعت ایجاد می‌کند
- لایه ابری که ما مشاهده می‌کنیم فقط ۵۰ کیلومتر ضخامت دارد
- بر اساس رعد و برق‌های که درون این ابرها مشاهده شده، احتمال می‌رود ابرهایی از آب هم در میان آمونیاک وجود داشته باشد
- عکس زیر توسط ماهواره کاسینی در از ۳۱ اکتبر تا ۹ نوامبر سال ۲۰۰۰ میلادی از سطح مشتری گرفته شده است (شامل ۲۴ چرخش مشتری می‌شود)

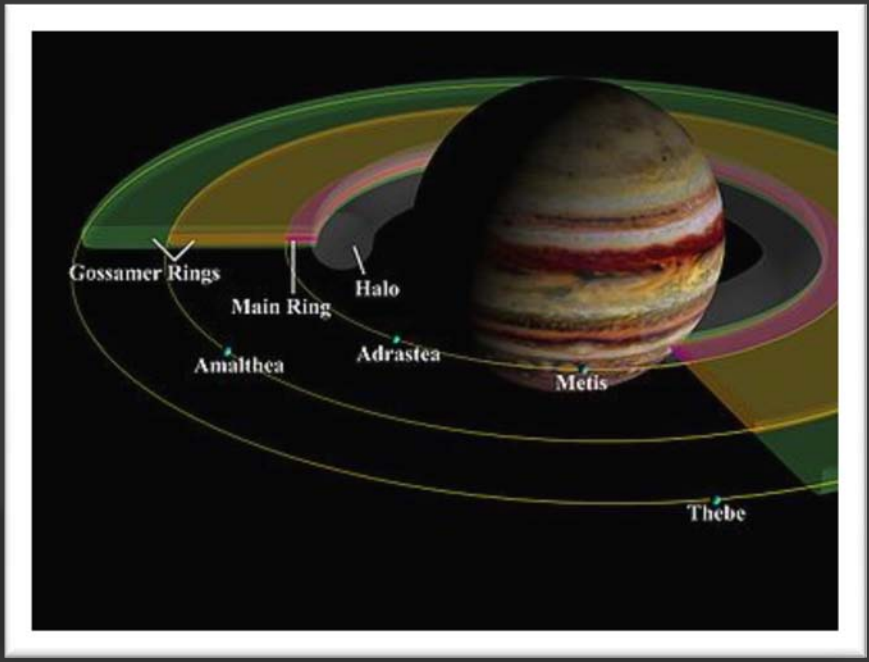
# چشم مشتری و سایر طوفان‌ها

مشهورترین اثر روی مشتری معروف به چشم مشتری یا نقطه بزرگ قرمز است که طوفانی عظیم در عرض جنوبی ۲۲درجه قرار دارد و از زمین بزرگتر است.

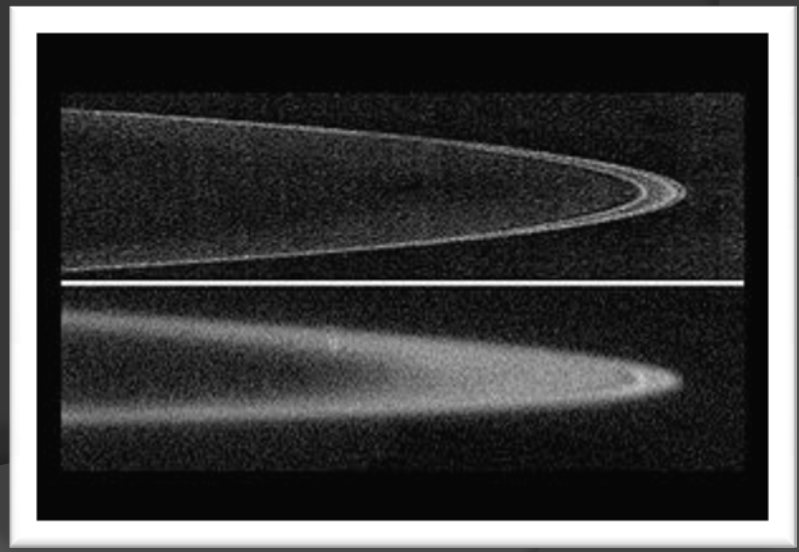
از ۱۸۳۱ میلادی (طبق نظر بعضی‌ها ۱۶۶۵ میلادی) تا به حال این طوفان روی سطح مشتری دیده شده است.

- این طوفان را می‌توان با تلسکوپ‌های بزرگتر از ۱۲سانتیمتری دید
- مشتری بیضی‌های سفید و قهوه‌ای دارد (طوفان‌های دیگر) که دمای بیضی‌های سفید پایین‌تر است.
- مدت طوفان‌ها روی مشتری می‌تواند از چند ساعت تا چند قرن باشد

# حلقه‌های مشتری

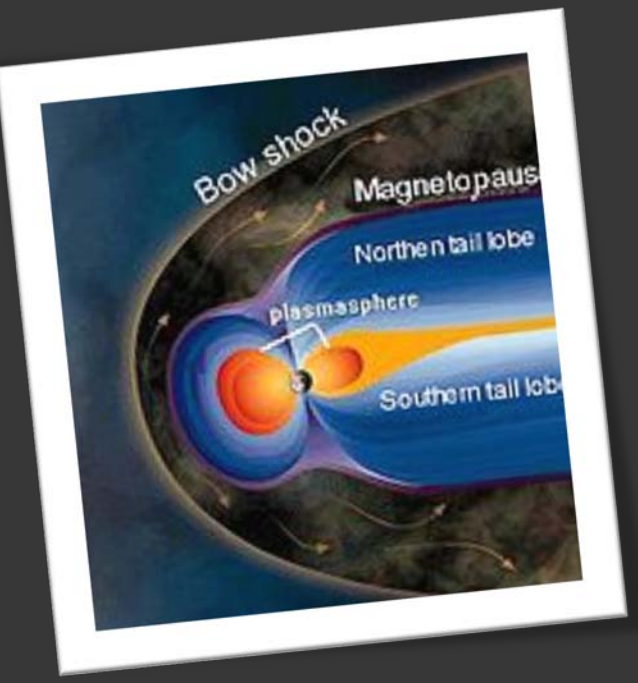



- حلقه‌های مشتری سومین منظومه حلقه‌ای کشف شده در منظومه شمسی بودند (بعد از زحل و اورانوس).
- در سال ۱۹۷۹ توسط وییجر ۱ دیده شدند و در سال ۱۹۹۰ توسط مدارگرد گالیله خیلی دقیق بررسی شدند
- مشاهده آنها از روی زمین فقط با بزرگترین تلسکوپ‌ها قابل انجام است



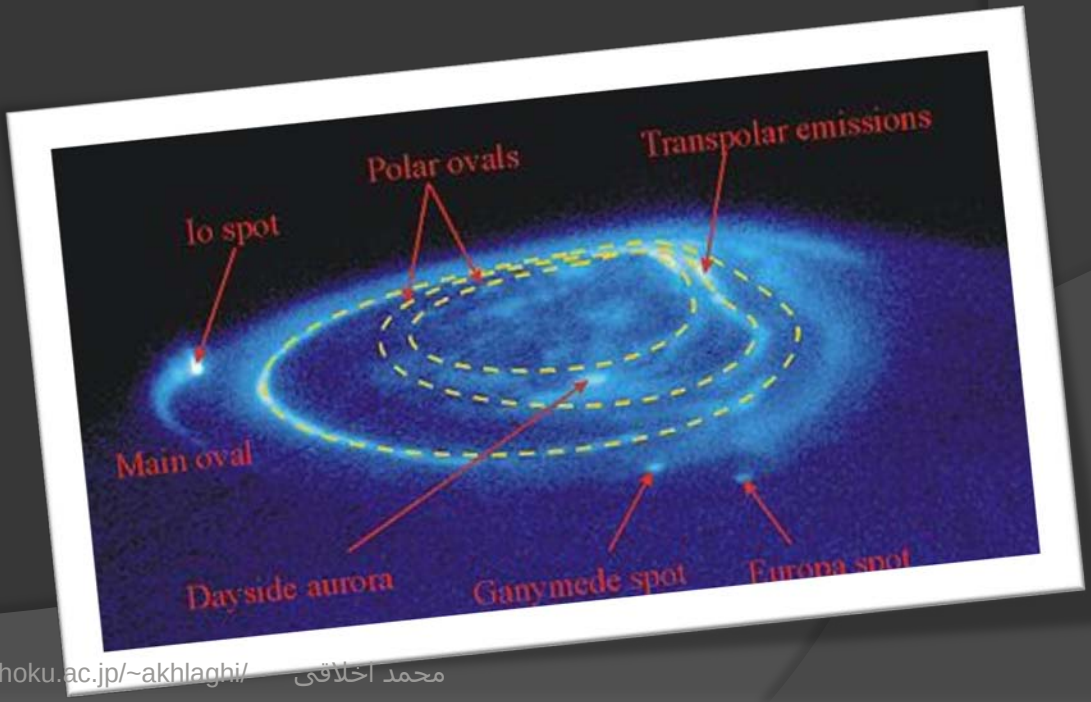
- برخلاف زحل که حلقه‌هایی از یخ دارد، حلقه‌های مشتری بیشتر از گرد و غبار یا تکه سنگ‌های کوچک تشکیل شده‌اند.
- این عکس‌ها توسط ماهواره‌ی افق‌های جدید در سال ۲۰۰۷ میلادی از این حلقه‌ها گرفته شده‌اند.
- حلقه‌ها از سنگ‌های خیلی کوچک تشکیل شده‌اند که احتمالا در قمرهای مشتری ایجاد شده‌اند

# میدان مغناطیسی مشتری




- میدان مغناطیسی مشتری ۱۴برابر از زمین قوی‌تر است و قوی‌ترین میدان در منظومه شمسی به حساب می‌آید
- میدان حجم زیادی از ذرات باد خورشیدی را جذب خود می‌کند و به همین دلیل میدانی بسیار قوی و الکتریکی ایجاد می‌کند که برای همه ماهواره‌ها خطرناک است


- میدان مغناطیسی مشتری ۱۴برابر از زمین قوی‌تر است و قوی‌ترین میدان در منظومه شمسی به حساب می‌آید
- میدان حجم زیادی از ذرات باد خورشیدی را جذب خود می‌کند و به همین دلیل میدانی بسیار قوی و الکتریکی ایجاد می‌کند که برای همه ماهواره‌ها خطرناک است

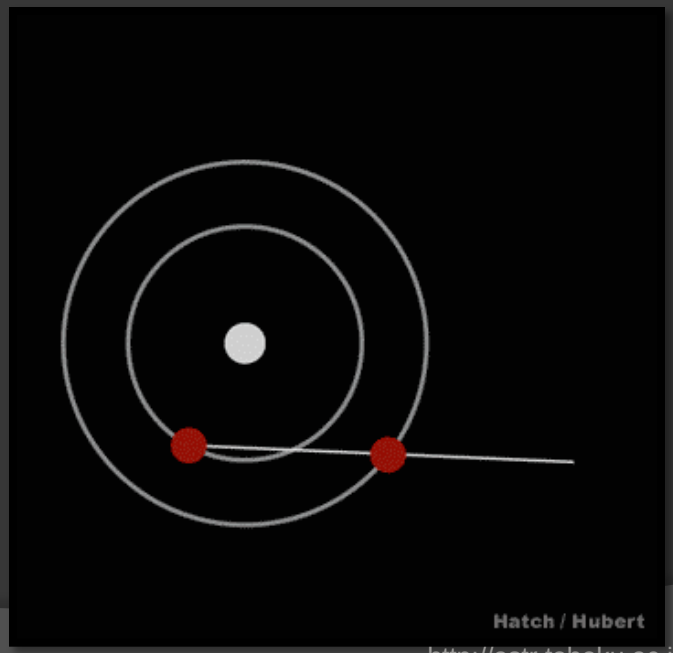



# مدار و چرخش مشتری

- مشتری تنها سیاره‌ای است که مرکز جرمش با خورشید خارج از حجم خورشید قرار دارد
- فاصله متوسط مشتری از خورشید ۷۷۸میلیون کیلومتر است
- محور چرخش آن ۳.۱۳درجه از صفحه مشتری-خورشید فاصله دارد
- مشتری سریع‌ترین سرعت چرخش به دور خود را دارد: یک روز آن ۱۰ ساعت طول می‌کشد
- به علت گازی بودن و سرعت زیاد چرخش، فاصله قطب تا قطب مشتری ۹۲۷۵ کیلومتر از قطر استوایی آن کوتاه‌تر است.
- سرعت چرخش گازهای سطح مشتری هم بسته به عرض جغرافیایی متغیر هستند: سرعت چرخش سطح مشتری در قطبین ۵ دقیقه طولانی‌تر است.

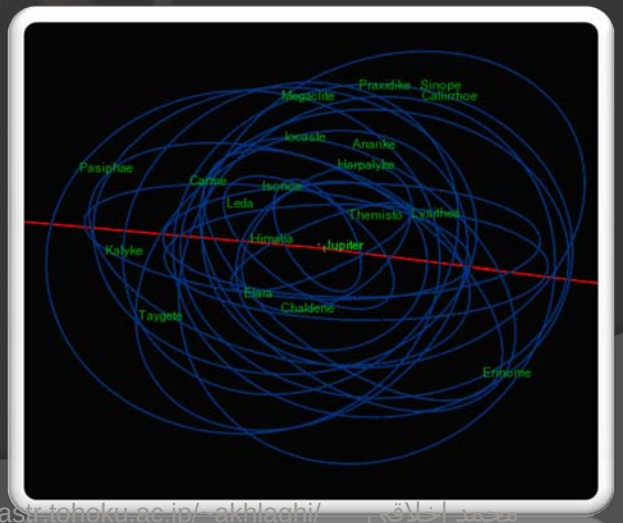
# رصد مشتری

- مشتری بعد از خورشید، ماه و زهره پرنورترین جرم رصدی در آسمان است.
- قدر آن از ۲.۸- تا ۱.۶- تغییر می‌کند
- در بعضی مواقع قدر مریخ از مشتری بیشتر می‌شود
- هر ۳۹۸ روز زمین در مدار خود از مشتری جلو می‌زند و باعث یک حرکت معکوس در آسمان از نظر ناظری زمینی می‌شود.



# قمرهای مشتری

- مشتری ۶۳ قمر تایید شده دارد
- چهار قمر بزرگ مشتری توسط گالیله (در ۱۶۱۰) دیده شدند
- هشت ماه مداری تقریبا دایروی دارند (چهار قمر که خیلی نزدیک مشتری هستند و چهار قمر گالیله‌ای)
- چهار قمر اول اصلی‌ترین منشا حلقه‌ی مشتری هستند
- ۵۵ قمر باقی‌مانده همگی مداری شدیدا بیضوی در صفحاتی دیگر دارند




http://astr.tohoku.ac.jp/~akhlaghi/ محمد اخلاقی

# ماموریت‌های انجام شده

- اولین ماموریت برای شناخت مشتری پوییِنر ۱۰ در سال ۱۹۷۳ بود
- تا به حال هشت ماموریت برای شناخت مشتری انجام شده است
- دوری و میدان‌های الکترو-مغناطیسی اطراف مشتری کار را خیلی سخت می‌کنند
- پوییِنر ۱۰ و ۱۱ میدان‌های الکترومغناطیسی قوی و سطح گازی آن را کشف کردند
- وییجرهای ۱ و ۲ در سال ۱۹۷۹ قمرها و حلقه‌های آن را بررسی کردند و آتشفشان‌های آیو و یخ روی اروپا را کشف کردند
- یولیسس در سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۰ به مطالعه دقیق میدان‌های الکترو-مغناطیسی پرداخت
- ماهواره گالیله اولین ماهواره ای بود
- کاسینی در سال ۲۰۰۰ از کنار مشتری گذشت و عکس‌های خیلی دقیقی فرستاد
- ماهواره افق‌های جدید در سال ۲۰۰۷ از کنار مشتری گذشت و پارامترهای مداری قمرهای مشتری را دقیق‌تر کرد
- ماهواره گالیله تنها ماهواره‌ای بود که در مدار مشتری قرار گرفت و از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۳ مشغول مطالعه این سیاره بود، یک کاوشگر هم درون سیاره انداخت

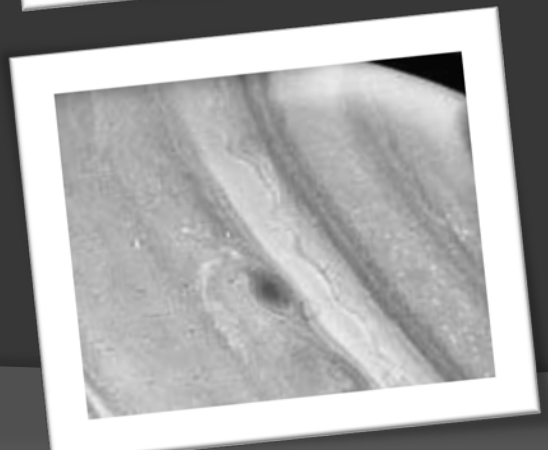
# زحل

- زحل در اساطیر
- شرایط فیزیکی و جو
- میدان‌های مغناطیسی
- مدار و چرخش
- حلقه‌ها
- اکتشافات

# زحل در اساطیر

- به دلیل دور بودن، زحل در اکثر اسطوره‌ها به عنوان خدای اصلی نامگذاری شده است.
- زحل (Saturn) نام خود را از خدای رومی یا سترن گرفته است
- در اساطیر روم خدای کشاورزی و برداشت محصول بود و همیشه با دسته‌ای بلند (برای کار کشاورزی) نقاشی شده است
- در اساطیر بابلی نام او نینیب بوده و خدای کشاورزی بوده است
- در اساطیر یونان نام او کرونوس بوده و جزوی از تیتان‌ها بوده که تا زمان زئوس بر دنیا حاکم بوده است

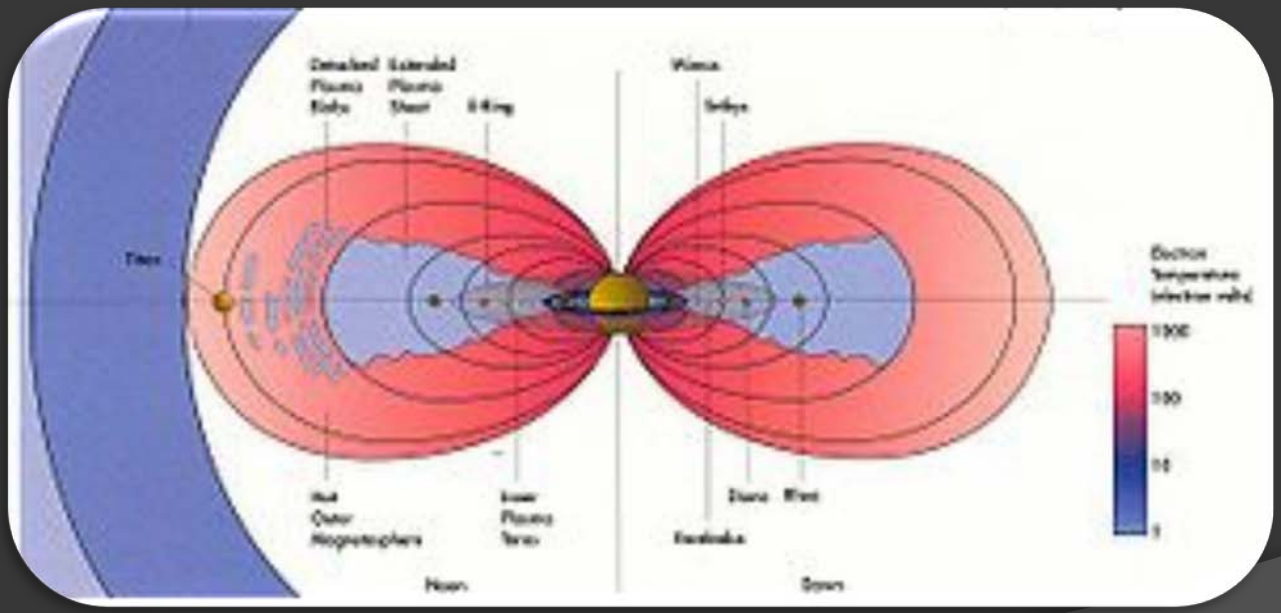
# ساختار فیزیکی و جو زحل



- زحل کمترین چگالی را میان سیارات منظومه شمسی دارد
- کل سیاره زحل فقط ۹۵ برابر از زمین سنگین‌تر است
- اطلاعات دقیقی از ساختار درونی زحل وجود ندارد اما ایده بر این است که مانند مشتری مرکزی جامد دارد که توسط هیدروژن و هلیوم جامد پوشیده شده است
- زحل ۲.۵ برابر انرژی که از خورشید دریافت می‌کند را ساطع می‌کند
- مانند مشتری زحل هم لایه‌های ابری در عرض جغرافیایی دارد ولی لایه‌ها بسیار بزرگ‌تر و اختلاف رنگ آنها کمتر است
- طوفانهای بزرگی روی سطح زحل دیده شده‌اند اما بسیار زودگذر هستند،
- دمای قطبین زحل خیلی گرم‌تر استوای آن است (این رویداد فقط مختص به زحل است

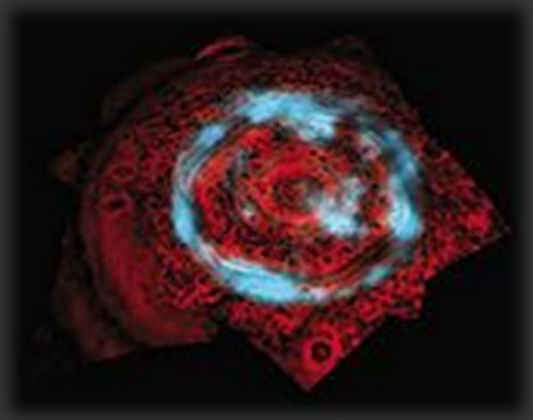
# میدان‌های مغناطیسی زحل

- کره مغناطیسی زحل کره‌ای است از فضای خالی از باد خورشیدی در اطراف زحل. کره مغناطیسی زحل دومین بزرگترین کره مغناطیس در منظومه شمسی است.
- این کره اولین بار توسط پایونیر ۱۱ در سال ۱۹۷۹ کشف شد.

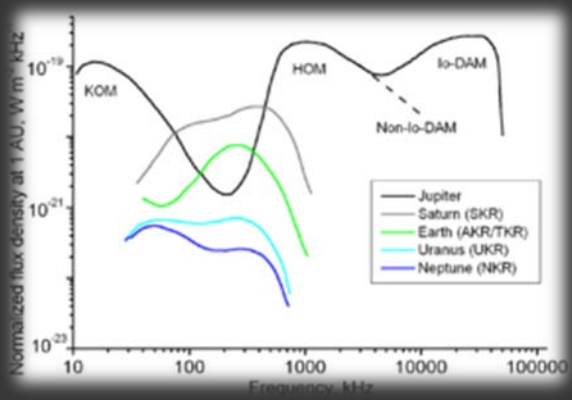


- برخورد کره مغناطیسی زحل با باد خورشیدی باعث ایجاد حلقه‌های بیضوی اطراف زحل می‌شود که در قطبین زحل ایجاد شفق قطبی می‌کند.

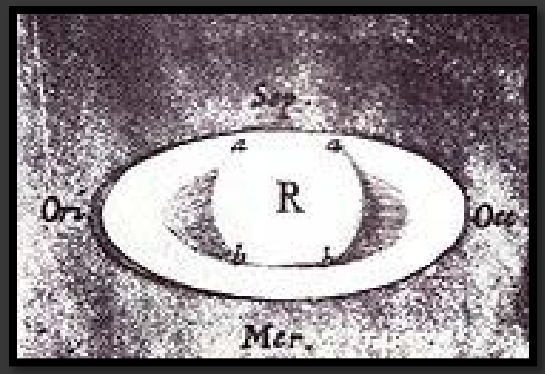
# میدان مغناطیسی زحل



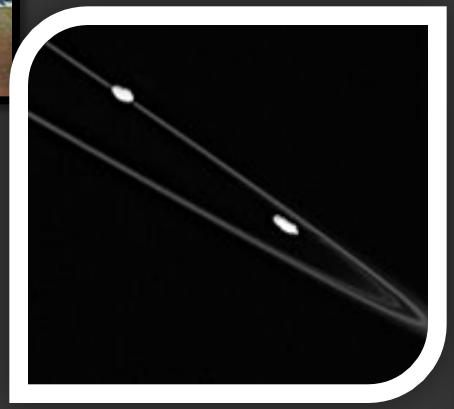
- برخلاف زمین و مانند مشتری قطب شمال این میدان مغناطیسی در نیمکره شمالی زحل است.
- به نسبت مشتری، میدان مغناطیسی زحل خیلی ضعیف‌تر است و در نتیجه شکل آن شدیدا به جریان بادهای خورشیدی وابسته است.
- میدان مغناطیس روی سطح زحل از میدان مغناطیسی روی زمین شدت کمتری دارد.
- در مرز کره مغناطیسی زحل، کره‌ای از پلاسما وجود دارد که منشاء اصلی آن قمر انسلادوس زحل است.
- شفق‌های قطبی زحل نسبتا روشن هستند.
- همانند تابش‌های رادیویی مشتری، ذرات موجود در کره مغناطیسی زحل نیز تابش رادیویی دارند.



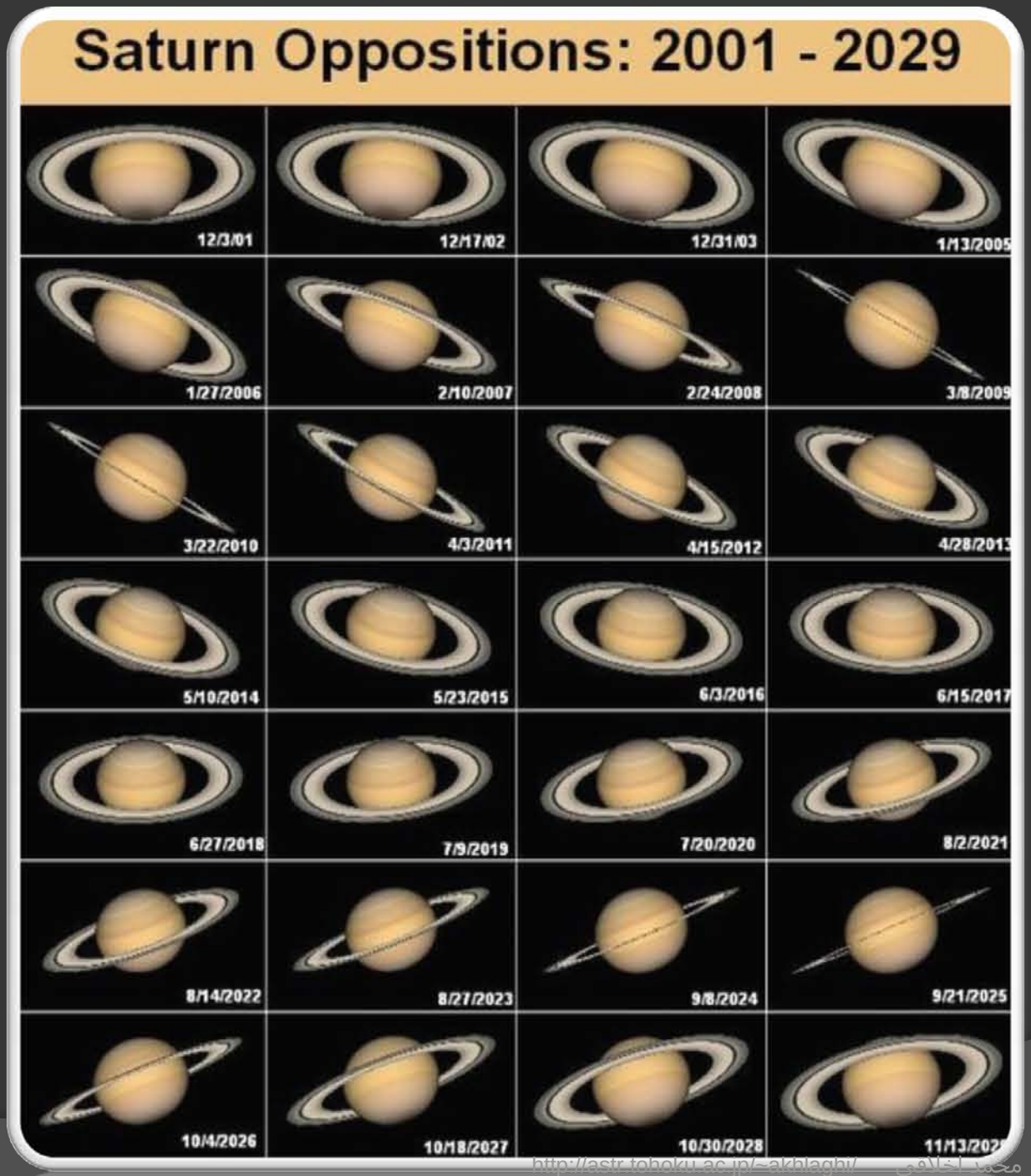
# حلقه‌های زحل




- حلقه‌های زحل از اصلی‌ترین جلوه‌های این سیاره است
- گالیله فکر می‌کرد این حلقه‌ها قمرهایی بزرگ هستند
- این حلقه‌ها از تکه یخ-سنگ‌هایی به اندازه چند میلیمتر تا چند متر تشکیل شده‌اند
- عکس زیر توسط ماهواره کاسینی از زحل درحالی که زحل از جلوی خورشید می‌گذشت گرفته شده است

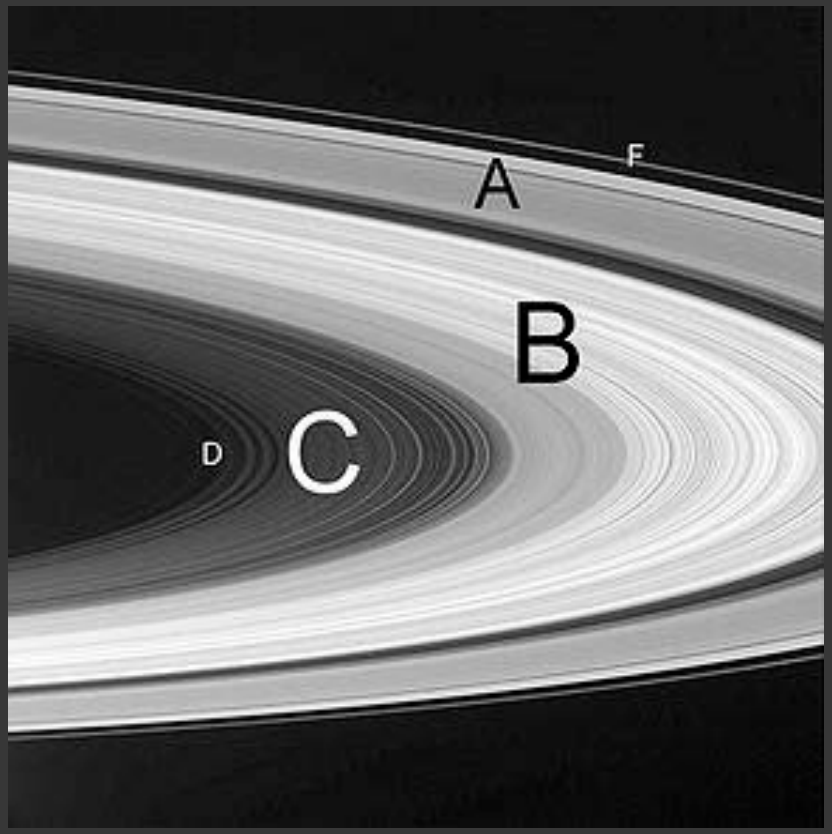


# حلقه‌های زحل (ادامه)

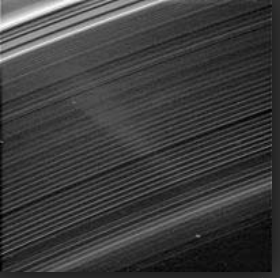



http://astr.tohoku.ac.jp/~akhlaghi/ محمد اخلاقی

# ناگذاری حلقه‌های زحل




- گالیله در سال ۱۶۱۰ نتوانست چیستی این حلقه‌ها را پیدا کند.
- اولین کسی که حلقه بودن آنها را حدس زد کریستین هویگنز در ۱۶۵۵ بود.
- در ۱۶۷۵ جیووانی کاسینی اولین شکاف این حلقه‌ها را رصد کرد و بعدا به نام او شناخته شد.
- در ۱۷۸۷ پیر سیمون لاپلاس وجود حلقه‌های بیشتر را حدس زد
- در ۱۸۵۹ جیمز کلارک ماکسول با اثباتی فیزیکی نشان داد که این حلقه‌ها نمی‌توانند پیوسته باشند و باید از ذرات کوچک تشکیل شده باشند. که بعدا با طیف‌سنجی در رصدخانه لیک در سال ۱۸۹۵ اثبات شد
- نامگذاری این حلقه‌ها بر مبنای کشف تاریخی بوده است.

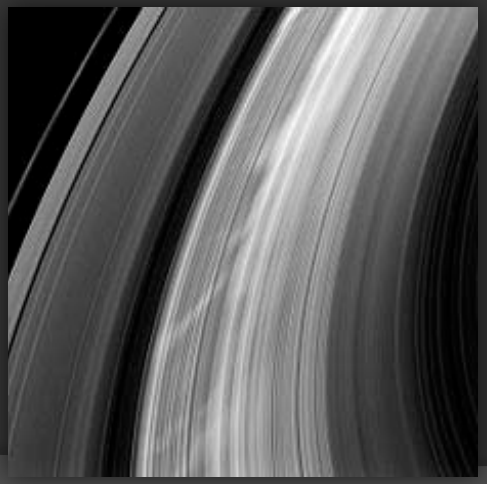


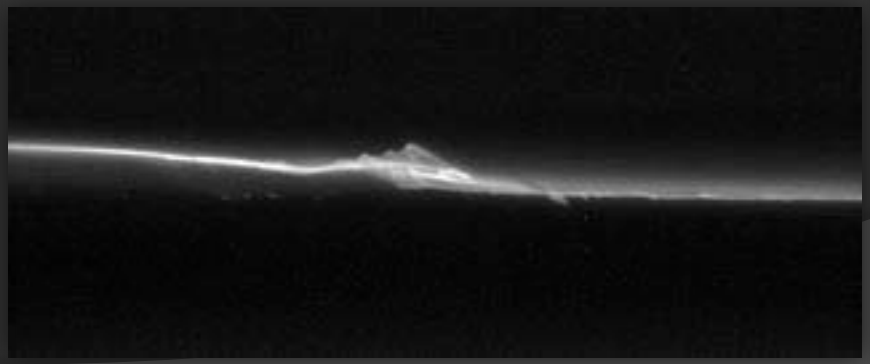
# ساختار فیزیکی حلقه‌ها

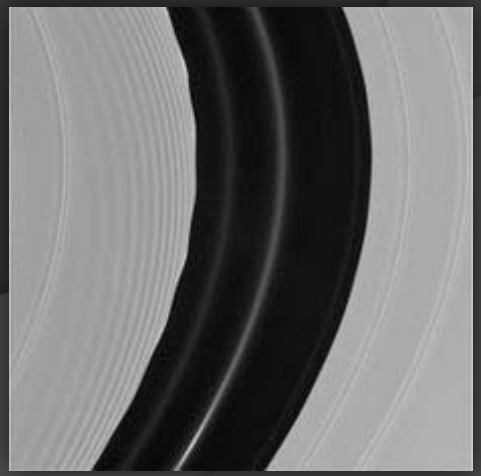
- حلقه‌های چگال اصلی از فاصله حدود ۷هزار تا ۸۰هزار کیلومتری سطح زحل قرار دارند.
- ۹۹.۹درصد آنها یخ خالص است و ۰.۱درصد باقی‌مانده از سیلیکات‌ها تشکیل شده است.
- حلقه‌ها از ذراتی حدود ۱ سانتیمتر تا ۱۰متر تشکیل شده‌اند.
- وزن کل حلقه‌ها حدود $3\times10^{19}$ کیلوگرم وزن دارند (وزن زمین $6\times10^{24}$ کیلوگرم است)، کمی کمتر از وزن قمر میماس زحل.
- از روی زمین فقط شکاف‌های کاسینی و انکه معلوم هستند اما فضاپیمای وییجر دید که هر حلقه از هزاران حلقه بسیار باریک تشکیل شده است.
- بعضی از شکاف‌ها به علت وجود قمرهای چوپان و بعضی دیگر به خاطر رزونانس گرانشی میان زحل و قمرهایش ایجاد شده‌اند.

# منشاء حلقه‌های زحل

- احتمالا حلقه‌ها هم‌سن خود زحل هستند.
- طبق یک نظریه از قرن نوزدهم این حلقه‌ها در اثر فروپاشی یکی از قمرهای اولیه زحل ایجاد شدند. بعضی نظریه‌های جدیدتر می‌گویند احتمالا به علت شرایط خاص گرانشی نزدیک زحل، این حلقه‌ها اصلا تبدیل به قمر نشدند.
- خلوص بالای آب در این حلقه‌ها این احتمال را پیشنهاد می‌دهد که احتمالا این حلقه حدود ۱۰۰ میلیون سال جوان‌تر از زحل هستند.
- شکاف کاسینی (که حلقه‌های A و B را از هم جدا می‌کند) حدود ۴۸۰۰ کیلومتر شکاف دارند.

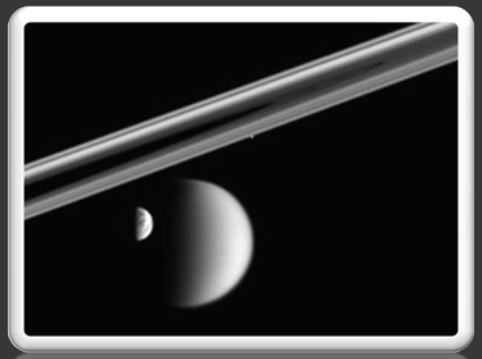






# کشف حلقه‌ای جدید (مهر ۱۳۸۸)

- دانشمندان اخیرا حلقه‌ای با شعاع حدود ۱۲ میلیون کیلومتر را دور زحل کشف کرده‌اند.
- این حلقه توسط ماهواره اسپیتزر (برای مشاهده در مادون قرمز) ناسا در اکتبر ۲۰۰۹ کشف شدند و دانشمندان حدس می‌زنند مواد آن از قمر فوبی زحل منشاء شوند. صفحه‌ی مداری قمر و حلقه‌ی جدید ۲۷درجه با سایر قمرها زاویه دارند.
- اگر می‌توانستیم این حلقه را از زمین ببینیم، اندازه زاویه‌ای آن دو برابر ماه بود.
- این حلقه‌ها احتمالا مساله‌ای که کاسینی در مورد قمر لپدوس رصد کرده بود را حل می‌کنند.



# قمرهای زحل

- زحل ۶۱ قمر ثبت شده دارد
- هفت قمر زحل به اندازه‌ای جرم دارند که بتوانند کروی باشند
- تیتان که بزرگترین قمر زحل است ۹۶ درصد کل جرم قمرهای زحل را تشکیل می‌دهد.
  تیتان جو دارد و روی سطح آن طیف مواد هیدروکربنی و رودخانه دیده شده است، ماهواره هویگنز توانست دریاچه‌ای به اندازه دریای خزر روی سطح آن پیدا کند
- ۲۳قمر زحل مدارهایی تقریبا در صفحه استوایی زحل دارند
- حداقل ۱۵۰ قمر چوپان در حلقه‌های زحل دیده شده است

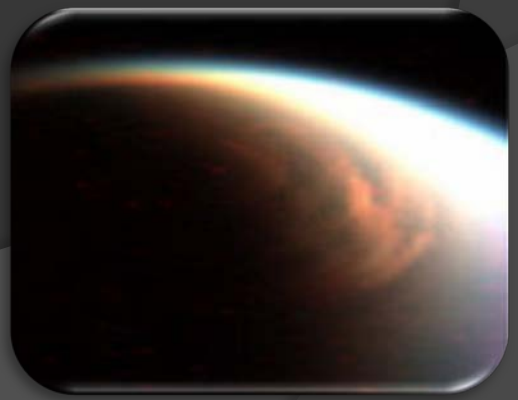
http://astr.tohoku.ac.jp/~akhlaghi/ محمد اخلاقی

# قمرهای زحل

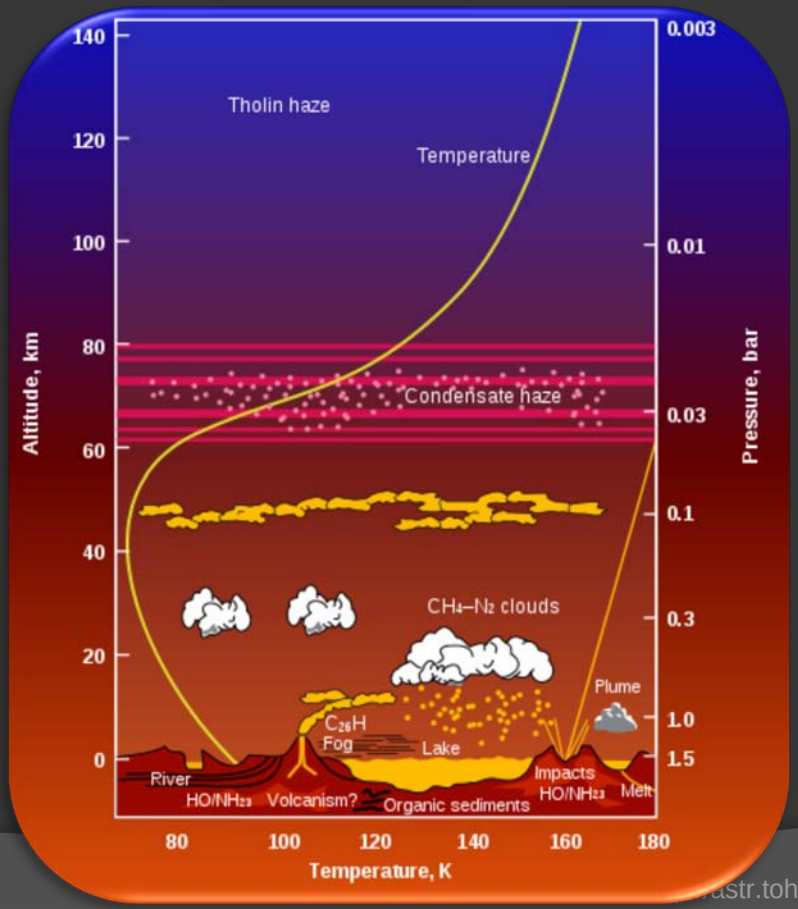
- قبل از استفاده از عکاسی بلندمدت، تا آخر قرن نوزدهم، هشت قمر زحل رصد و ثبت شده بودند. با استفاده از این روش دو قمر جدید کشف شد و ویجر در سال ۱۹۸۰ هفت قمر دیگر کشف شدند.
- در قرن بیست و یکم نیز با استفاده از تلسکوپ‌های غول پیکر کک (جفت تلسکوپ ۱۰متری آمریکا) و سوبارو (تلسکوپ ۸.۲متری ژاپن) که هر دو در قله موناکی هاوایی قرار دارند حدود ۲۲ قمر جدید کشف شد.
- در عکس زیر قمر بزرگ تیتان را می‌بینید که قمر انسلادوس در حال گذر از مقابل آن است و حلقه‌های زحل نیز جلوی آن دیده می‌شوند.

# تیتان

- بعد از رصد قمرهای مشتری توسط گالیله در ۱۶۰۹، کریستین هویگنز هلندی به دنبال قمرهای زحل گشت و تیتان را رصد کرد (۱۶۵۵).
- از آنجایی که برادران و خواهران زحل تیتان بودند ویلیام هرسشل نام تیتان را روی این قمر گذاشت (۱۸۴۷).
- تیتان بزرگترین قمر زحل و تنها قمر منظومه شمسی است که اتمسفری چگال دارد.
- غیر از زمین، تنها تیتان مایع مشاهده شده روی سطح خود دارد.
- شعاع تیتان حدود ۱۵۰٪ بیشتر از جرم ماه است و جرم آن ۱۸۰٪ بیشتر است.

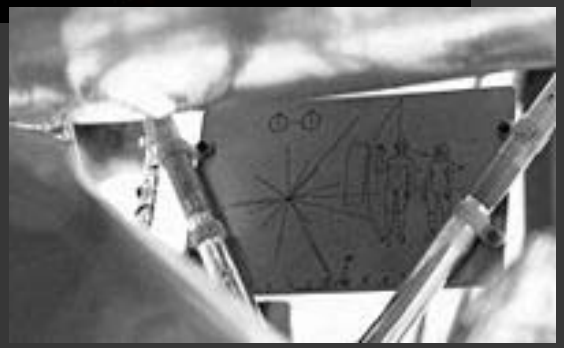


# جو تیتان



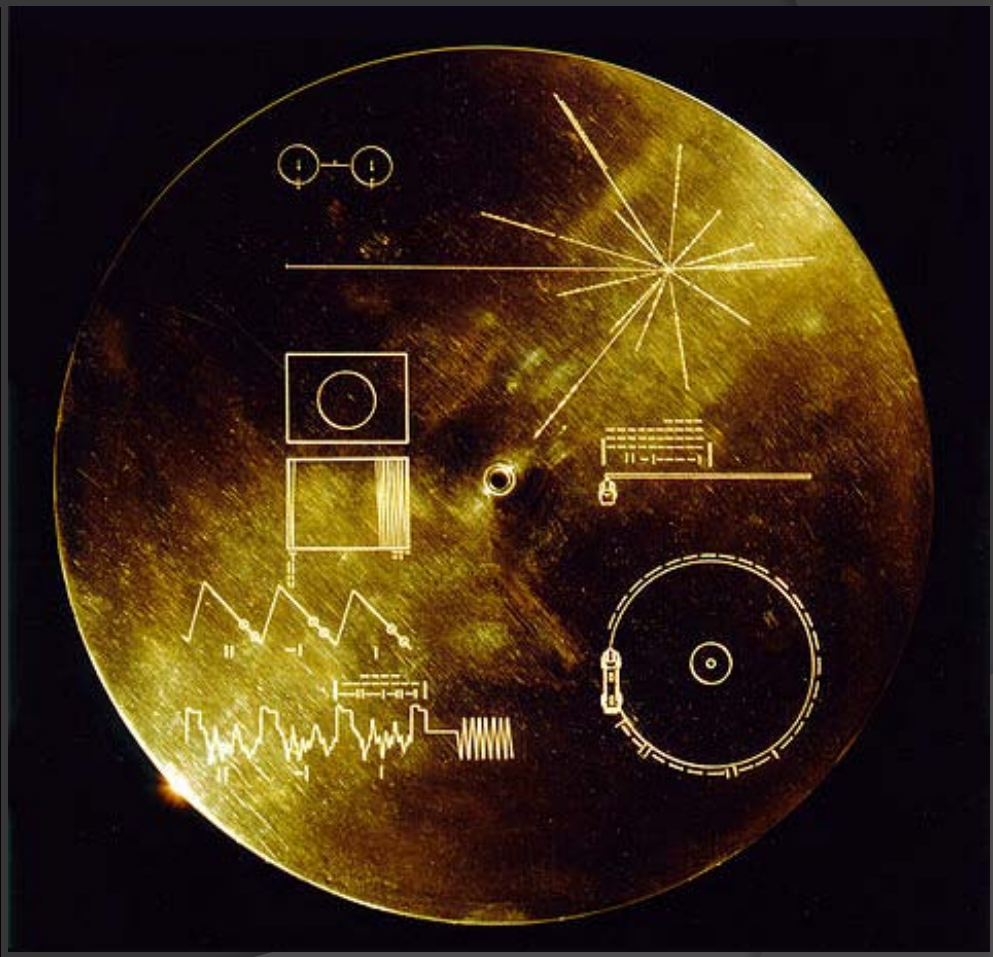

- مشاهدات ویجر نشان داده‌اند که جو تیتان چگال‌تر از زمین است.
- گرد و غبار زیادی در جو آن وجود دارند که سطح آن را کاملا می‌پوشانند.
- دمای سطحی آن به طور متوسط ۹۴درجه کلوین می‌باشد. به دلیل قطرات بسیار ریز یخ‌زده در جو تیتان بیشتر نور فرودی به تیتان منعکس می‌شود.
- باران‌های سطحی آن از متان و نیتروژن هستند.
- دریاچه‌هایی از هیدروکربن‌ها روی سطح تیتان وجود دارند.

# ماموریت‌های فضایی انجام شده



- فضاپیماهای پایونیر ۱۰ و ۱۱ اولین ماموریت‌ها به سیارات خارجی منظومه شمسی بودند که در سال ۱۹۷۹ (۱۳۵۸) به زحل رسیدند. در همین زمان وییجرها به مشتری رسیده بودند و قرار بود بر اساس نتایج پایونیر۱۱ وییجرها مسیر خود را انتخاب کنند.
- وییجر ۱ در ۱۲ نوامبر ۱۹۸۰ (۱۳۵۹) از نزدیک‌ترین فاصله به زحل گذشت. به این دلیل که پایونیر ۱ روی تیتان جو دیده بود، وییجر ۱ را به سمت تیتان منحرف کردند و موفق نشد به ماموریت پیش‌فرضش و رسیدن به پلوتون برسد.
- وییجر ۱ فعلا دورترین شئی است که بشر ساخته است (حدود ۱۱۰ واحد نجومی از زمین دور است). دستگاه‌های آن تا سال ۲۰۲۵ فعالیت خواهند کرد.
- پایونیر ۱۰ و ۱۱ شکلی از انسان و موقعیت زمین را به همراه خود بردند و وییجر ۱ و ۲ دیسکی از صداهای بشری را به همراه خود از منظومه شمسی خارج کردند

# صفحه‌ی طلایی ویجر



# صفحه‌ی طلایی ویجر

## EXPLANATION OF RECORDING COVER DIAGRAM

BINARY CODE DEFINING PROPER SPEED (3.6 seconds/ROTATION) TO TURN THE RECORD (I= BINARY 1, —= BINARY 0) EXPRESSED IN 0.70 x $10^{-9}$ seconds, THE TIME PERIOD ASSOCIATED WITH THE FUNDAMENTAL TRANSITION OF THE HYDROGEN ATOM

OUTLINE OF CARTRIDGE WITH STYLUS TO PLAY RECORD (FURNISHED ON SPACECRAFT)

PICTORIAL PLAN VIEW OF RECORD

ELEVATION VIEW OF CARTRIDGE

ELEVATION VIEW OF RECORD

PLAYING TIME, ONE SIDE = ~1 hour

THE DIAGRAMS BELOW
DEFINE THE VIDEO PORTION OF THE RECORDING

GENERAL APPEARANCE OF WAVE FORM OF VIDEO SIGNALS FOUND ON THE RECORDING

BINARY CODE TELLS TIME OF THE SCAN (~ 8 msec)

SCAN TRIGGERING

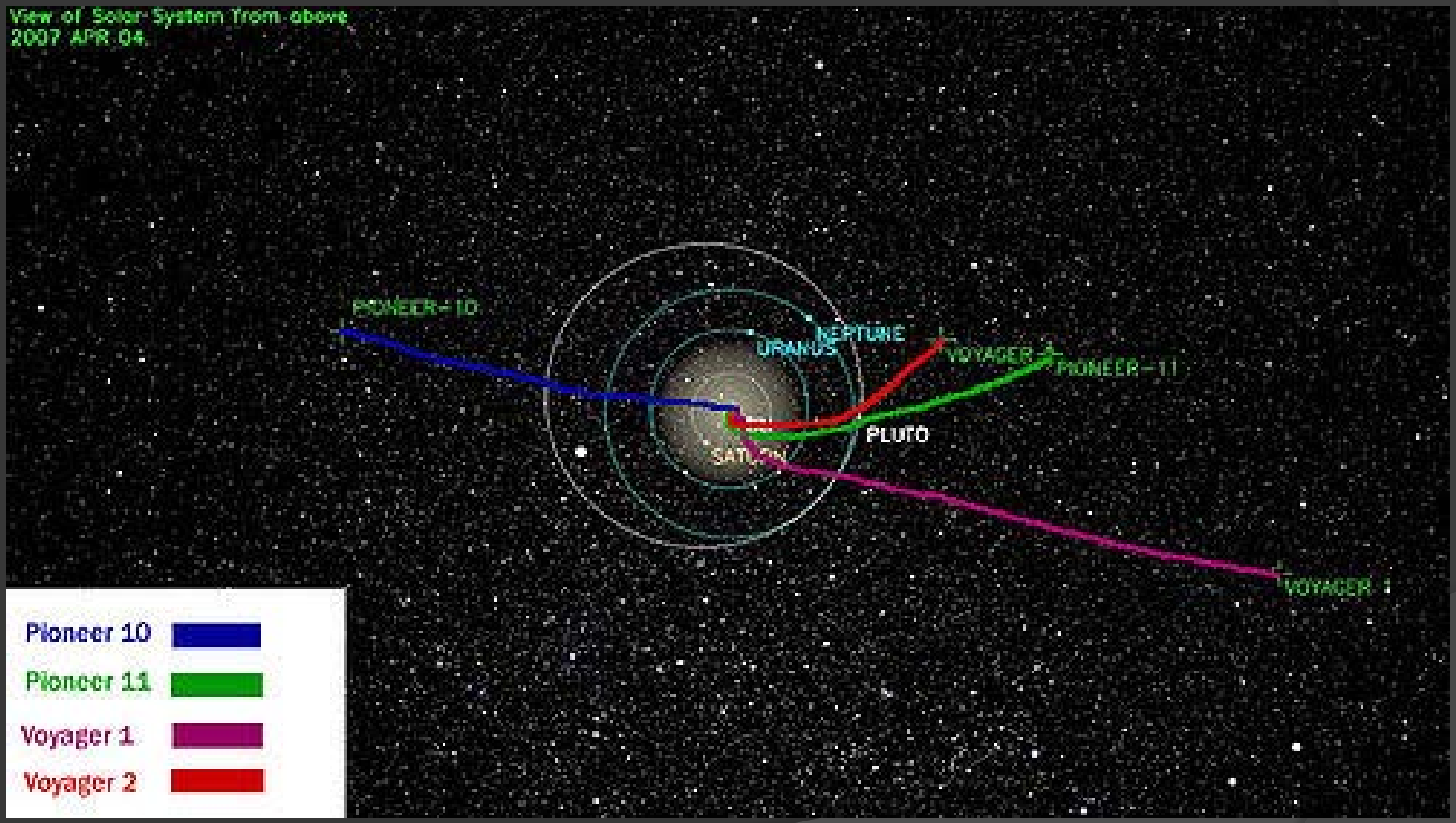
VIDEO IMAGE FRAME SHOWING DIRECTION OF SCAN. BINARY CODE INDICATES TIME OF EACH SCAN SWEEP (512 VERTICAL LINES PER COMPLETE PICTURE)

IF PROPERLY DECODED, THE FIRST IMAGE WHICH WILL APPEAR IS A CIRCLE

THIS DIAGRAM DEFINES THE LOCATION OF OUR SUN UTILIZING 14 PULSARS OF KNOWN DIRECTIONS FROM OUR SUN. THE BINARY CODE DEFINES THE FREQUENCY OF THE PULSES.

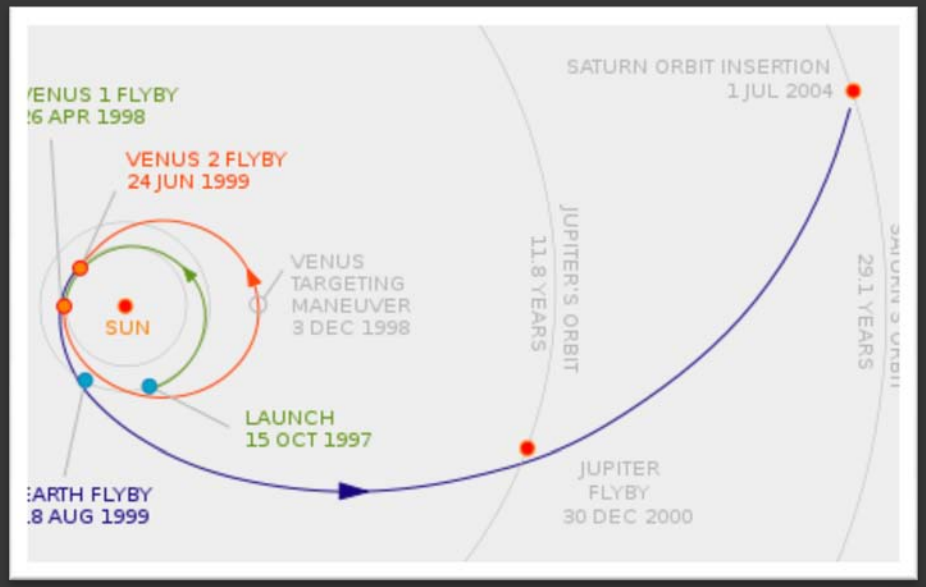
THIS DIAGRAM ILLUSTRATES THE TWO LOWEST STATES OF THE HYDROGEN ATOM. THE VERTICAL LINES WITH THE DOTS INDICATE THE SPIN MOMENTS OF THE PROTON AND ELECTRON. THE TRANSITION TIME FROM ONE STATE TO THE OTHER PROVIDES THE FUNDAMENTAL CLOCK REFERENCE USED IN ALL THE COVER DIAGRAMS AND DECODED PICTURES.

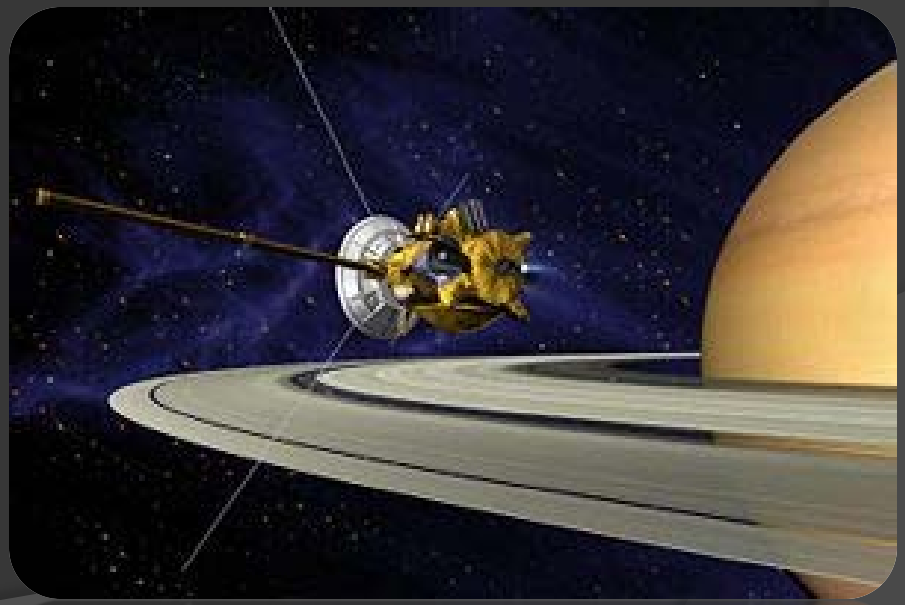
# موقعیت پایونیرها و ویجرها



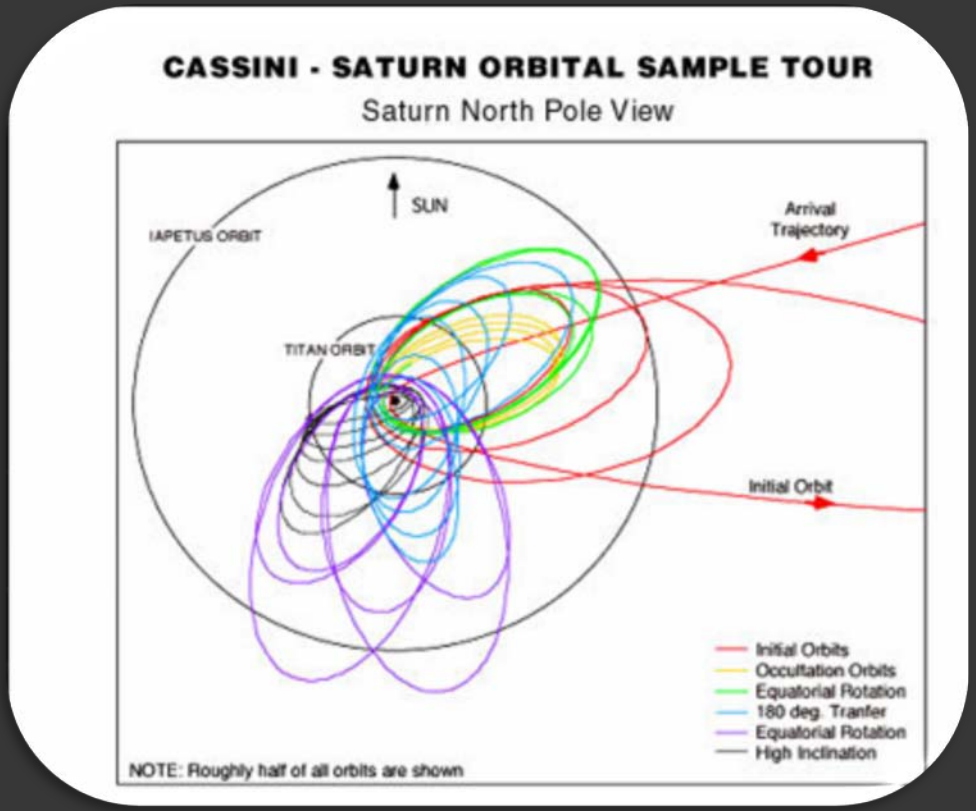
# فضاپیمای کاسینی – هویگنز

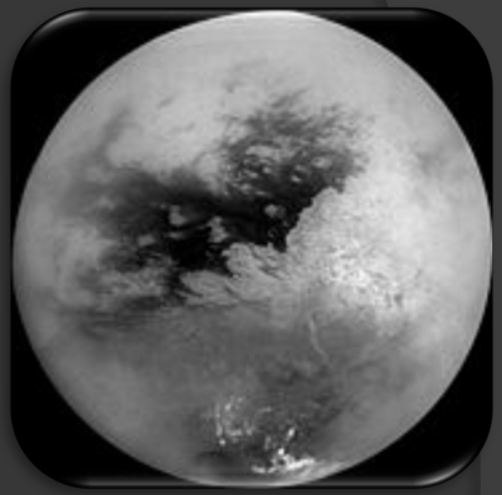
- ماهواره کاسینی-هویگنز در ۱۹۹۷ پرتاب شد و در ۲۰۰۴ وارد مدار زحل شد
- مدارگرد کاسینی توسط ناسا ساخته شده و کاوشگر هویگنز توسط سازمان فضایی اروپا ساخته شد.
- کاسینی اولین مدارگرد زحل است و چهارمین فضاپیمایی که از کنار زحل گذر کرده است.



# ماموریت کاسینی–هویگنز



قمر تیتان

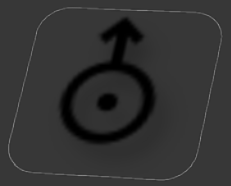
قمر انسلادوس و حلقه‌های زحل

2005.07.29

# اورانوس

- اورانوس در اساطیر
- تاریخ اکتشاف و نامگذاری اورانوس
- مدار و چرخش اورانوس
- ساختار درونی و جو
- حلقه‌ها و قمرهای زحل

# اورانوس در اساطیر



- اورانوس در اساطیر یونان خدای آسمان بوده است
- اورانوس به همراه گایا (خدای زمین) پدر و مادر تمام خدایان و موجودات بوده‌اند.
- اورانوس در قرن ۱۸ کشف شد و نامگذاری او بر اساس نامگذاری باستانیان بوده است:
- مریخ پسر مشتری بود، مشتری پسر زحل بود پس سیاره بعد از زحل باید پدر زحل یا اورانوس می‌بود.
- تنها تفاوت در این است که اورانوس نامی یونانی است و نام بقیه سیارات رومی است

# تاریخ اکتشاف اورانوس

- جان فلمستد و پیر لمونیر در سال‌های ۱۶۹۰ و ۱۷۵۰ این سیاره را رصد کرده بودند ولی آن را با ستاره اشتباه گرفته بودند.
- در ۱۷۸۱ ویلیام هرسشل از حیات خانه خود این ستاره را بررسی کرد و اعتقاد داشت که دنباله دار است
- تا دو سال بحث میان رصدگران بود که آیا دنباله‌دار است یا چیز دیگر تا اینکه در سال ۱۷۸۳ خود هرسشل سیاره بودن آن را اعلام کرد.

- خود هرسشل نام این سیاره را *Georgium Sidus* گذاشت. جان الرت بود (منجم آلمانی) نام اورانوس را برای سیاره انتخاب کرد و جروم لالاند نام آن را هرسشل گذاشت
- در سال ۱۷۸۹ مارتین کارلپروف، همکار بود در انجمن سلطنتی برای حمایت از بود، نام عنصر جدیدی که کشف کرده بود را اورانیوم گذاشت
- نام اورانوس بیشتر توسط منجمان استفاده شد تا اینکه در سال ۱۸۵۰ رسما نام این سیاره به اورانس تغییر پیدا کرد

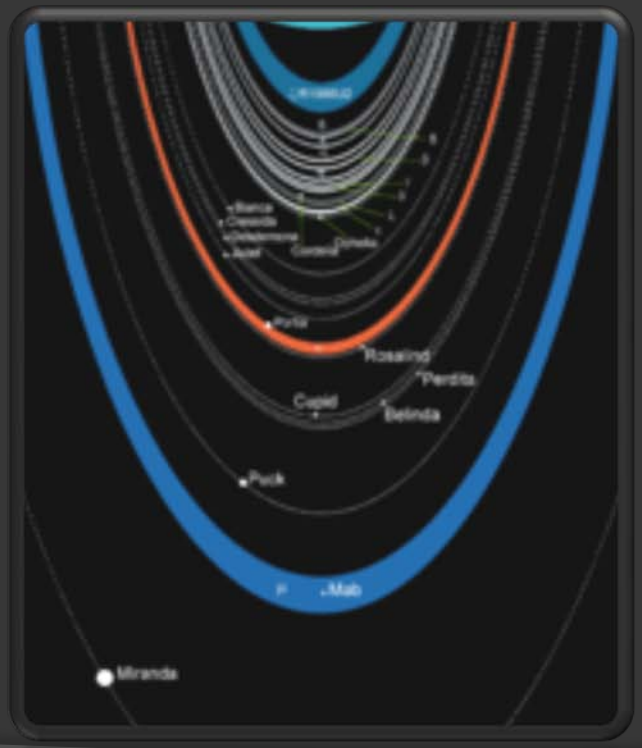
2005.07.29

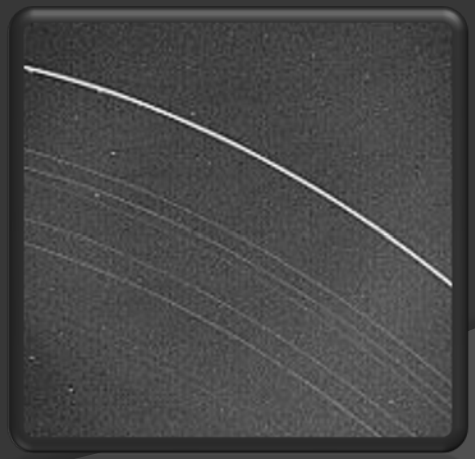
# ساختار درونی و جو

- جرم اورانوس حدود ۱۴ برابر زمین است
- با وجودی شعاعی بیشتر از نپتون جرمش کمتر است
- بر همین اساس احتمالا از یخ‌ها و گازهای سبک مانند آب آمونیاک و متان تشکیل شده است
- اورانوس تقریبا تابش ذاتی ندارد و انرژی تابشی از آن کمتر از انرژی ورودی از خورشید است
- دمای سطحی اورانوس ۴۹درجه کلوین است که آن را سردترین سیاره منظومه شمسی می‌کند
- جو گازی اورانوس که دیده می‌شود حدود ۳۰۰ کیلومتر عمق دارد

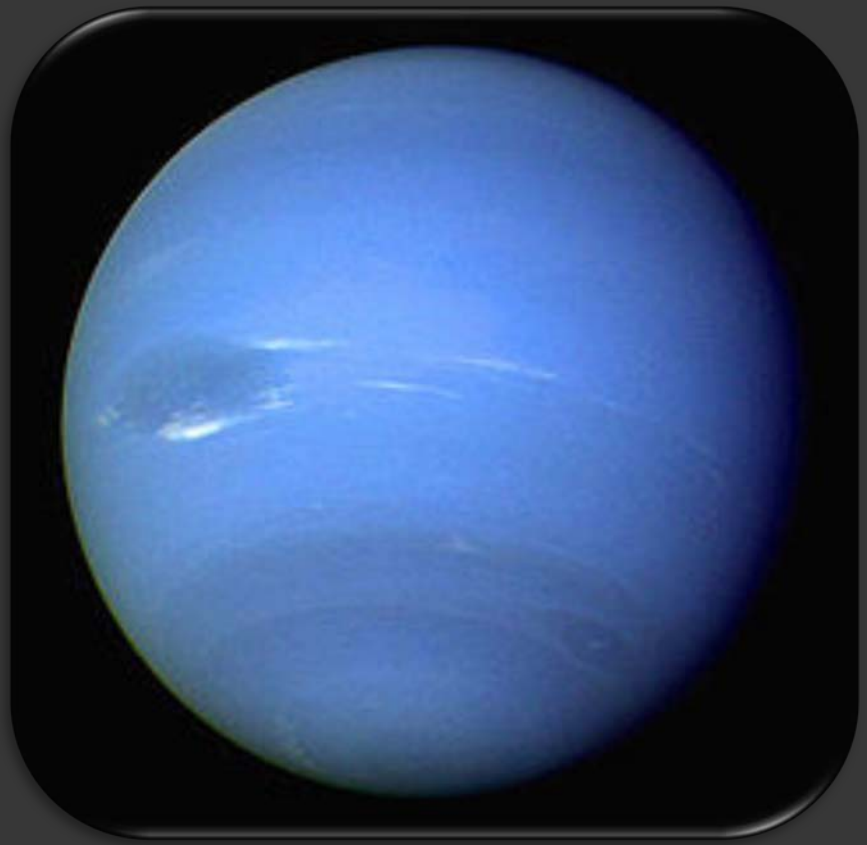
# حلقه‌ها و قمرهای اورانوس

- منظومه حلقه‌ای اورانوس دومین حلقه‌های مشاهده شده در منظومه شمسی بود و ساختاری بسیار پیچیده است
- تمام حلقه‌ها بسیار باریک هستند و بزرگترین آنها ۱۳ کیلومتر است
- وجود حلقه‌ها تا ۱۹۷۷ قطعی نشده بود
- ویجر۲ مستقیما از آنها عکس گرفت





# نپتون



- نپتون در استطوره‌ها
- اکتشاف و نامگذاری
- ساختار فیزیکی و جو
- مدار و چرخش

# نپتون در اساطیر

♆

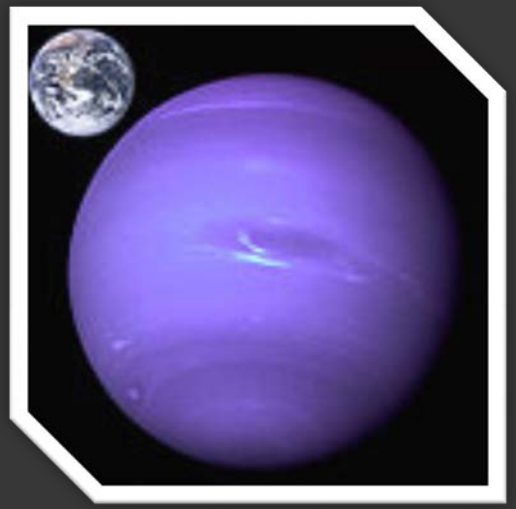
- نپتون در اساطیر یونان و روم خدای دریاها است
- به علت رنگ آبی آن در تلسکوپ این نام را بر این سیاره گذاشتند
- نپتون در اساطیر یونان و روم برادر زئوس و پلوتون است

# تاریخ اکتشاف و نامگذاری

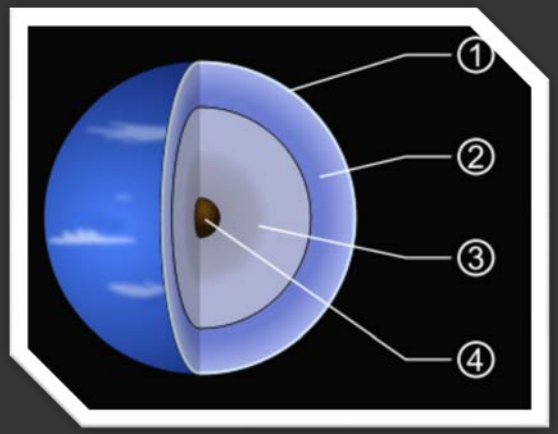
- گالیله دو بار نپتون را اطراف مشتری دید اما تصور کرد ستاره است
- این اشتباه گالیله به این دلیل بود که نپتون در آن زمان حرکت معکوس خود را شروع کرده بود
- در سال ۱۸۲۱ الکسیس بووارد (بریتانیایی) مدار اورانوس را ثبت و منتشر کرد و اختلالاتی در مدار آن نسبت به مدار سیاره‌ای که باید در آن مدار باشد مشاهده شد
- در ۱۸۴۳ جان کوش آدامز مدار سیاره‌ای که باید چنین اختلالی را ایجاد می‌کرد را نوشت اما نتوانست حامیان مناسبی برای پیدا کردن آن را پیدا کند
- در سال ۱۸۴۵ اوربیان لوریر مستقل از بقیه پارامترهای مداری سیاره جدید را محاسبه کرد و موقعیت آن را پیشبینی کرد، تا اینکه در سپتامبر ۱۸۴۶نپتون در حدود ۱درجه نقطه‌ای که لووریر پیشبینی کرده بود دیده شد و به نام او ثبت شد
- خود لووریر هم پیشنهاد نام نپتون را برای این سیاره داد

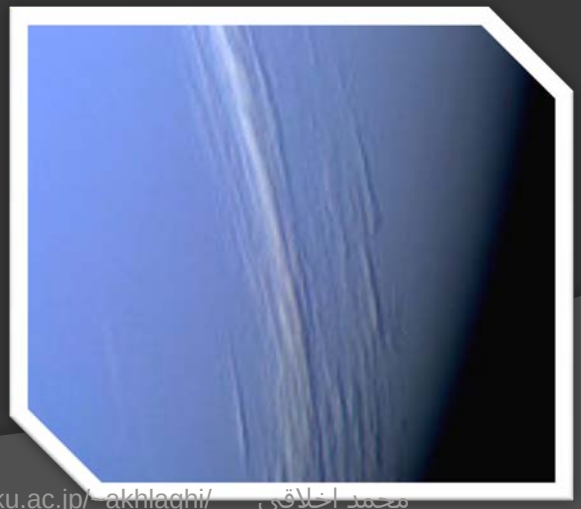
U·J·J
LE VERRIER
1811-1877
2005.07.28

# ساختار فیزیکی و جو



- نپتون ۱۷ بار از زمین پرجرم‌تر است و ۱۹ بار از مشتری کم‌جرم‌تر
- مانند اورانوس ۵ تا ۱۰ درصد شعاع آن را جوش گرفته است
- لایه‌ی میانه‌ای زیر جو نپتون از آب و آمونیاک تشکیل شده است و ۱۰ تا ۱۵ برابر جرم زمین جرم دارد.
- هسته نپتون از آهن، نیکل و سیلیکات تشکیل شده است
- دما روی سطح جامد آن ۵۴۰۰کلوین دما دارد

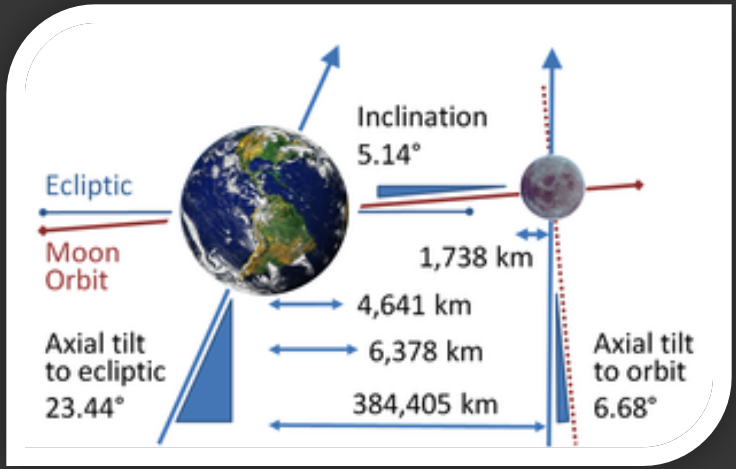


# قمر زمین: ماه

- سطح ماه
- شرایط فیزیکی
- منشا و تکامل زمین‌شناسی
- مدار و رابطه با زمین
- گرفت‌ها و رصد
- اکتشاف

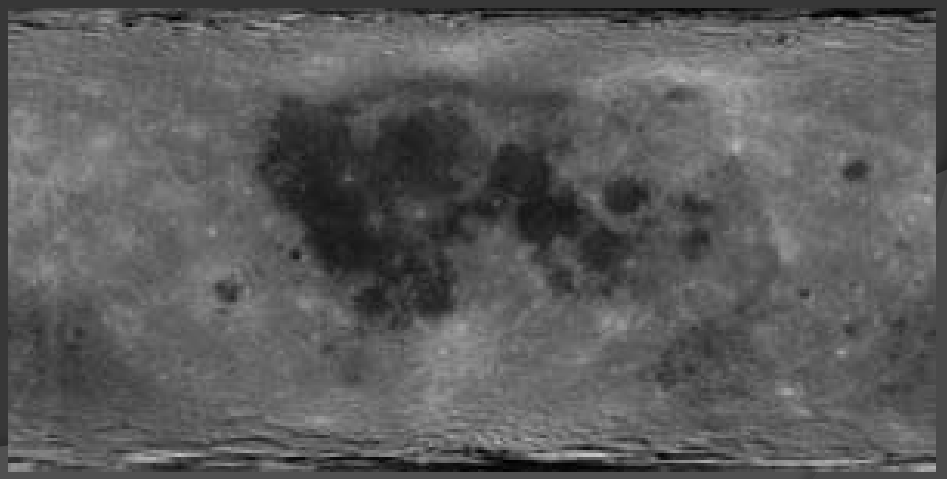
# سطح ماه




- مدار ماه طوری است که ما همیشه یک سمت ماه را می‌بینیم
- انحراف حدود ۵ درجه‌ای مدار ماه باعث می‌شود ما حدود ۵۹درصد سطح ماه را ببینیم
- یک سمت ماه همیشه به سمت ماست و یک سمت همیشه دور
- سمت دور ماه اولین بار توسط مدارگرد لونا۳ شوروی در ۱۹۵۹ دیده شده
- در سمت دور ماه، دریاهای کمتری دیده می‌شود

# دریاهای ماه

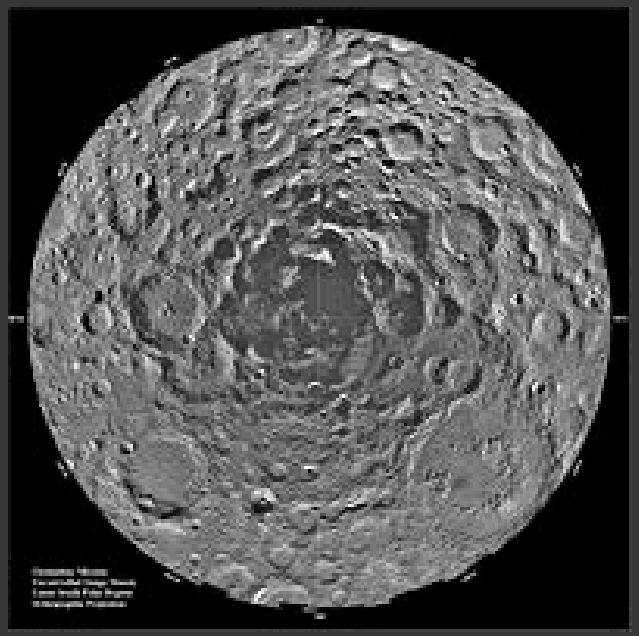
- قسمت‌های سطحی تیره‌تر ماه که به نظر کاملا پست می‌رسند را دریاهای ماه می‌نامند، به این دلیل که در دوران باستان منجمان تصور می‌کردند اینها پر از آب هستند
- حالا می‌دانیم که این‌ها سطح پست مذاب در اثر برخورد روی ماه هستند
- ۳۱درصد نیمکره نزدیک ماه را دریاها تشکیل می‌دهند در حالی که ۲درصد نیمکره دور ماه از اینها اشغال شده‌اند
- احتمالا دلیل آن این است که نیمکره نزدیک از لحاظ زمین‌شناسی قوی‌تر است



# خاک ماه و گودال‌های برخوردی

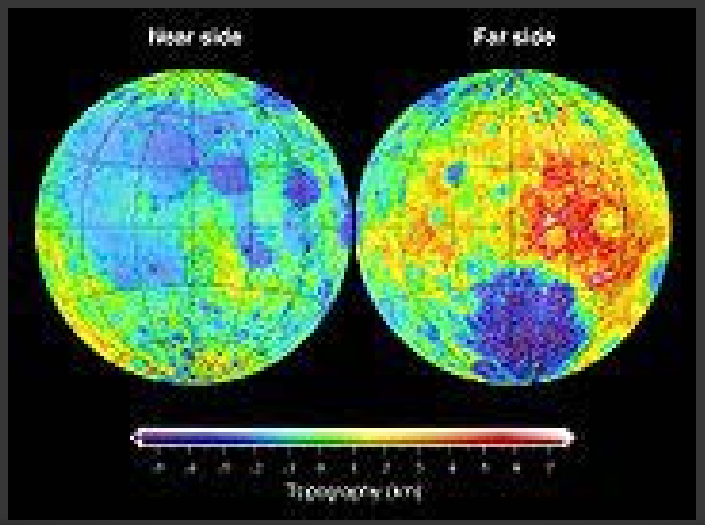
- قسمت‌های روشن‌تر ماه را خاک مرتفع ماه می‌نامند
- بر خلاف زمین، هیچ کوه یا رشته کوه در نتیجه حرکات تکتونیکی روی ماه ایجاد نشده است، تمام رشته‌کوه‌های دیده شده حاشیه‌های گودال‌های برخوردی ایجاد شده‌اند.
- بیش‌تر از نیم‌میلیون گودال با قطر بیش از یک کیلومتر روی سطح ماه وجود دارند
- تعداد برخورد روی قسمت‌های مختلف سطح ماه نشان‌دهنده عمر آن قسمت از سطح ماه هستند
- بزرگترین گودال ماه گودال آتیکن در نیمکره دور ماه است که ۲۲۴۰ کیلومتر قطر دارد و ۱۳ کیلومتر عمق
- ۲۴ گودال ماه توسط اتحاد بین‌المللی نجوم به نام دانشمندان مسلمان نامگذاری شده‌اند

# شرایط سطحی ماه



- سطح ماه از تکه شهاب‌سنگ‌ها و خورده سنگ‌هایی جدا از پوسته ماه پوشیده شده که در دریاها حدود ۵متر عمق دارد و در خاک مرتفع ماه ۱۰ تا ۲۰ متر
- فضانوردان گفته‌اند که راه رفتن روی سطح ماه حسی مانند برف دارد، این خاک از دی‌اکسید سولفور و کلسیوم و منگنز تشکیل شده است.
- فرض بر این است که در نتیجه برخورد دنباله‌دارهای خیلی زیادی که به ماه برخورد داشته‌اند، آب روی سطح آن وجود دارد (به صورت یخ‌زده)
- سنگ‌هایی که فضانوردان از سطح ماه آورده‌اند شدیدا خشک هستند
- با این حال، به دلیل انحراف مداری کوچک ماه، تعدادی از دانشمندان اعتقاد دارند که در مناطق قطب جنوب ماه ممکن است یخ وجود داشته باشد

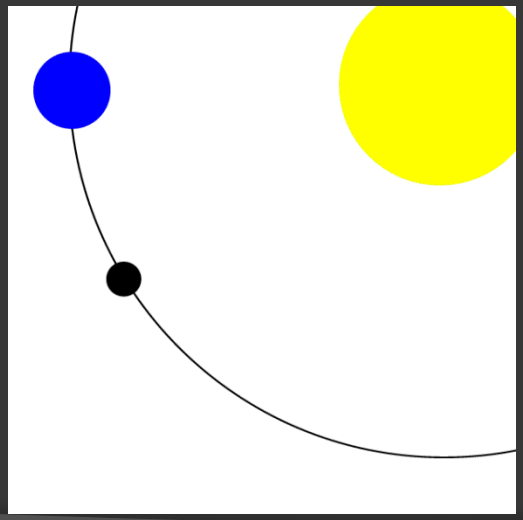
# ساختار فیزیکی ماه




- از لحاظ ژئوشیمیایی ساختار شیمیایی لایه‌های مختلف ماه از عناصر مختلف تشکیل شده‌اند.
- دلیل آن را در سرد شدن مرحله به مرحله‌ای لایه‌های ماه می‌دانند، زخامت سطحی آن ۵۰ کیلومتر حدس زده می‌شود
- بر اساس تحلیل دریاهای ماه دیده شده است که احتمالا لایه‌های زیرین ماه آهن بیشتری در خود دارند
- ماه بعد از آیو بیشترین چگالی را میان قمرهای منظومه شمسی دارد
- بزرگترین ساختار توپوگرافیک سطح ماه گودال عظیم آتیکن در قطب جنوب ماه است
- میدان مغناطیسی ماه یک صدم زمین است
- در طول روز دما ۱۷۰درجه سانتیگراد و در شب دما ۱۵۳درجه سانتیگراد زیر صفر است

# منشاء و تکامل زمین‌شناسی

- منشاء ماه را بین ۳۰ الی ۵۰ میلیون سال بعد از تشکیل منظومه‌شمسی می‌دانند.
- نظریات مختلفی برای تشکیل ماه پیشنهاد شده است:
- نظریه کنده شدن: به خاطر نیروهای خروج از مرکزی، قسمتی از زمین جدا شده و ماه از آن تشکیل شده است (مشکل: چرخش باید خیلی سریع باشد)
- نظریه جذب گرانشی: ماه جایی دیگر تشکیل شده و در گرانش زمین گیر افتاده (مشکل: تاثیرات گرانشی آن خیلی مخرب است)
- نظریه تشکیل همزمان: زمین و ماه همزمان و از یک حلقه چرخان تشکیل شدند (مشکل: مرکز ماه نباید آهن داشته باشد)



- فرضیه برخورد بزرگ: بهترین نظریه این است که ماه در اثر برخوردی بزرگ تشکیل شده است. شبیه‌سازی‌ها نتایج دقیقی در مورد اندازه حرکت منظومه زمین-ماه و ساختار داخلی ماه ارائه می‌دهند.

# مدار ماه و رابطه آن با زمین

- ماه نسبت به سایر قمرهای منظومه شمسی، بزرگترین اندازه نسبت به سیاره خود را دارند.
- نسبت به ستاره‌های پشت‌زمینه مدار ماه ۲۷.۳ روز طول می‌کشد
- از نظر ناظر زمینی، مدار ماه به دور زمین، ۲۹.۵ روز است
- برخلاف سایر قمرها، ماه در دایره‌البروج در حال چرخش است

- عکس مقابل توسط ماهواره افق‌های جدید از فاصله ۵۰ میلیون کیلومتری گرفته شده است.
- مرکز جرم منظومه ماه-زمین ۱۷۰۰ کیلومتر در عمق زمین است
- چهار سیارک در مدارهایی بسیار دور در حال چرخش به دور زمین هستند، اما مدار آنها پایدار نیست

# فازهای ماه

- ماه در چرخش خود به دور زمین، از نظر ناظری زمینی فازهایی سایه-روشن پیدا می‌کند:

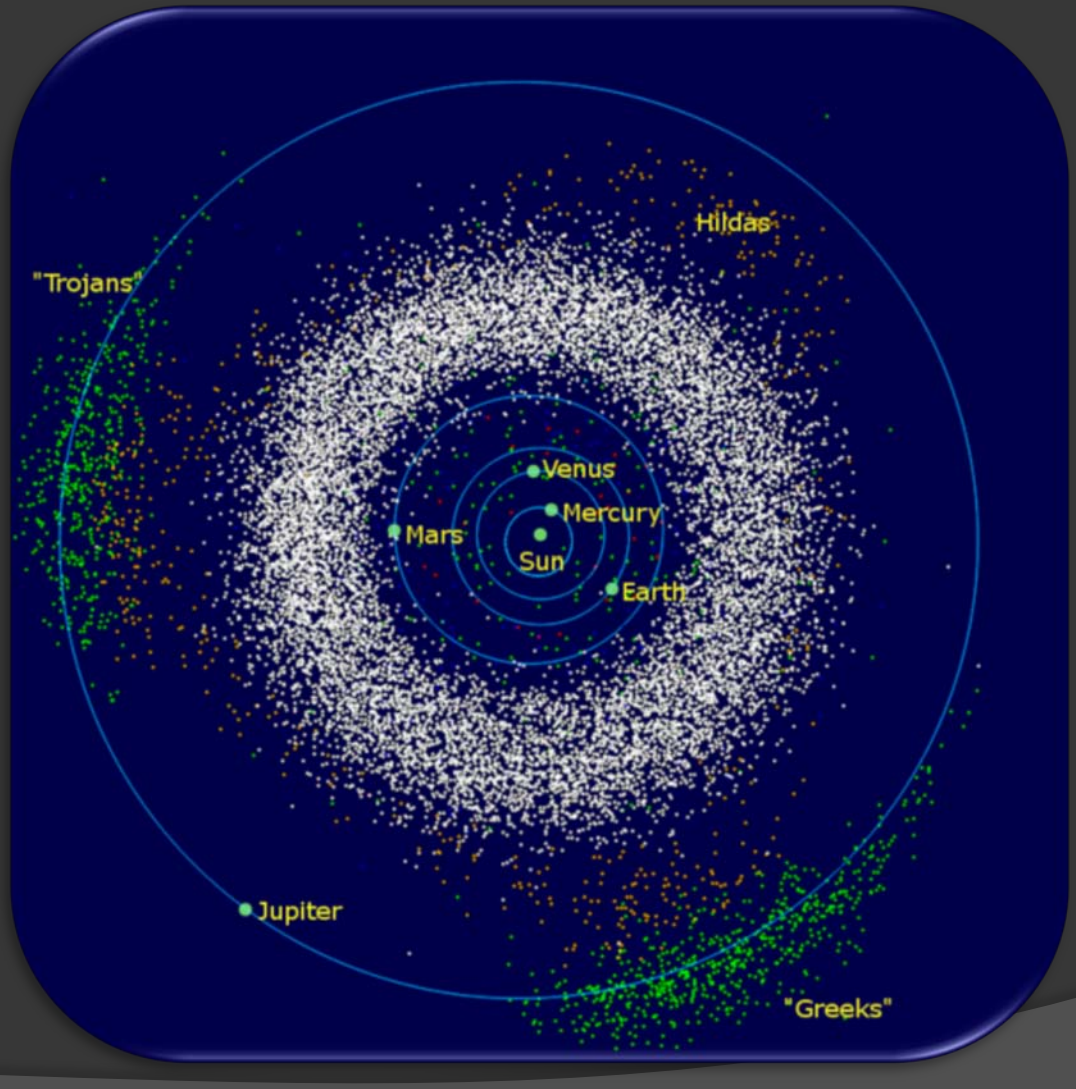
# گرفت‌ها

- کسوف هنگامی روی می‌دهد که ماه میان زمین و خورشید قرار می‌گیرد
- خسوف هنگامی روی می‌دهد که زمین میاه ماه و خورشید قرار می‌گیرد
- در کسوف کامل بالاترین لایه‌های خورشید (تاج خورشیدی معلوم می‌شود)
- از آنجایی که مدار ماه در حال دور شدن از زمین است، ۶۰۰ میلیون سال دیگر، کسوف دیگر روی نمی‌دهد و در گذشته هر ماه کسوف روی می‌داد

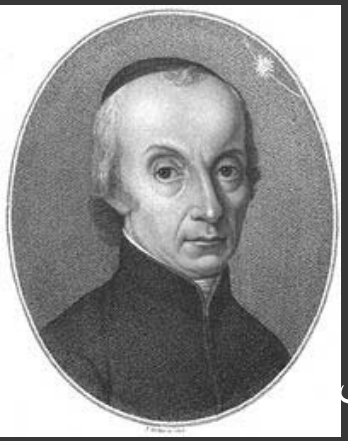
# رصد ماه

- هنگام ماه کامل، قدر ماه ۱۲.۶- است
- در حالت تربیع درخشندگی ماه تقریبا یک دهم درخشندگی حالت کامل است (به علت سایه‌های کوه‌ها)
- بزرگ‌تر بودن ماه هنگامی که در افق هنگام طلوع است، خطای چشم به حساب می‌آید
- یکی از اثرات جالب جوی ماه، هاله‌ی ماه است که هنگامی که لایه‌های ابری در ارتفاعات زیاد قرار دارند ایجاد می‌شود (با قطر ۲۲ درجه):

# کمربند سیارک‌ها




- تاریخ رصد
- منشا
- شرایط فیزیکی
- سیارک‌های بزرگ



# تاریخ رصد

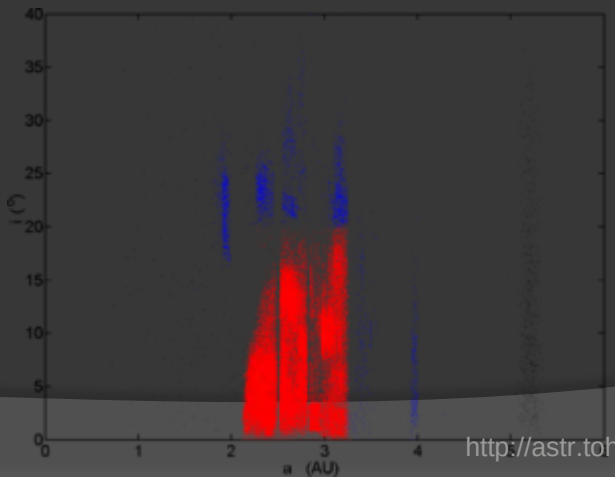
- نویسنده‌ای ناشناس در حاشیه‌ای که بر کتاب چارلز بونه Contemplation de la Nature نوشته بود این ایده را بیان کرده بود که اگر سری اعدادی را از صفر شروع کنیم و اعضای بعدی این سری را ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ (هر کدام دو برابر قبلی) را برای آن در نظر بگیریم، هر عضو را اگر با چهار جمع کنیم و تقسیم بر ۱۰ کنیم فاصله تمام سیارات منظومه شمسی بدست می‌آید. این رابطه بعدا به رابطه Titius-Bode معروف شد.
- وقتی که در سال ۱۷۸۱ ولیام هرسشل اورانوس را پیدا کرد، همه مطمئین شدند که باید سیاره‌ای میان مریخ و مشتری باشد
- فعالیت‌های زیادی انجام شد تا این سیاره را پیدا کنند
- در سال ۱۸۰۱ گویسپ پیازی عضو انجمن نجوم سیسیلی (ایتالیا) موفق به کشف جرمی درست در فاصله‌ای که معادله پیش‌بینی می‌کرد شد (سرس). ۱۵ ماه بعد اولبرز جسمی دیگر در همین فاصله دید و آن را پالاس نامید. بر خلاف سایر سیارات اینها با بهترین تلسکوپ‌ها هم نقطه دیده می‌شدند.
- تا ۱۸۰۷ دو جرم دیگر هم دیده شدند (جونو و وستا). همه این اجرام را سیاره فرض می‌کردند و تعدادشان هر سال بیشتر و بیشتر می‌شدند و آمار منظومه شمسی بیشتر می‌شد.

# تاریخ رصد

- کشف نپتون بعدا اعتماد منجمین را قانون تیتوس بود بسیار کم کرد
- تا ۱۸۶۱ صد جرم پیدا شده بود، تا ۱۹۲۳، ۱۰۰۰ جرم پیدا شده بود، تا ۱۹۵۱، ۱۰هزار تا و تا ۱۹۸۲، ۱۰۰هزارتا.
- امروزه دیگر تلسکوپ‌های اتوماتیک مشغول پیدا کردن اجرام جدید در این کمربند هستند

# منشا و تکامل سیارک‌ها

- از همان ۱۸۰۲، اولبرز پیشنهاد داد که احتمالا اینها تکه‌های یک سیاره بزرگتر بوده‌اند
- ولی جرم کم مجموع سیارک‌ها، انرژی زیادی که برای انفجار آن زیاد بود و ترکیب شیمیایی مختلف اصلی‌ترین مشکل این نظریه به حساب می‌آمد.
- طبق آخرین نظریات، عقیده بر این است که این سیارک‌ها هم تا قبل از تشکیل مانند سیاره‌ها بودند اما به دلیل جرم زیاد مشتری، نتوانستند با هم جمع شوند و یک سیاره تشکیل بدهند.
- به دلیل اینکه از قطعات کوچک تشکیل شده‌اند، طبق آخرین نظریات زود خنک شده‌اند و تقریبا تا ۱۰ میلیون سال بعد از تشکیل منظومه شمسی کاملا خنک شده بودند
- بعضی‌ها اعتقاد دارند سیارات هم از زمان تشکیل تا به حال تکامل پیدا کرده بودند.



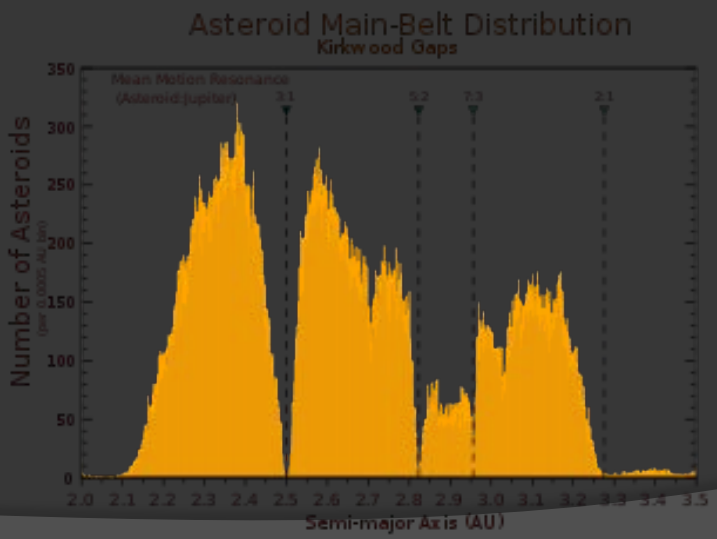

- کمربند سیارک‌های اولیه احتمالا جرمی خیلی بیشتر از امروز آن داشته است (حدود جرم زمین)
- به دلیل اختلالات گرانشی، در یک میلیون سال اول، مقدار زیادی از سیارک‌ها منحرف شدند

# شرایط فیزیکی

- بیشتر کمربند سیاک‌ها خالی است
- بیشتر از ۲۰۰ سیارک کشف شده قطری بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر دارند
- قدر بیشتر سیارک‌ها میان ۱۱ تا ۱۶ است
- جرم کل سیارک‌ها روی هم حدود ۴درصد جرم ماه است، چهار جرم بزرگ سیارک‌ها؛ سرس، پالاس، وستا و هیجیا نیمی از کل جرم را تشکیل می‌دهند
- سیارک‌ها از سه دسته تشکیل می‌شوند: نوع C (کربنی)، نوع S (سیلیکاتی) و نوع M (آهنی)

# شرایط فیزیکی و مداری

- بیشتر سیارک‌ها در مدارهایی تقریبا دایروی به دور خورشید می‌چرخند. به همین دلیل اکثر آنها را می‌توان در منطقه‌البروج دید.
- در فاصله‌های خاصی از خورشید، شمار سیارک‌ها بسیار کم می‌شود، به اینها گپ های کیرکوود گفته می‌شود.
- این فاصله‌ها، فاصله‌هایی هستند که دوره چرخش سیارک به دور خورشید نسبتی عددی (صحیح) از دوره چرخش مشتری به دور خورشید باشد.

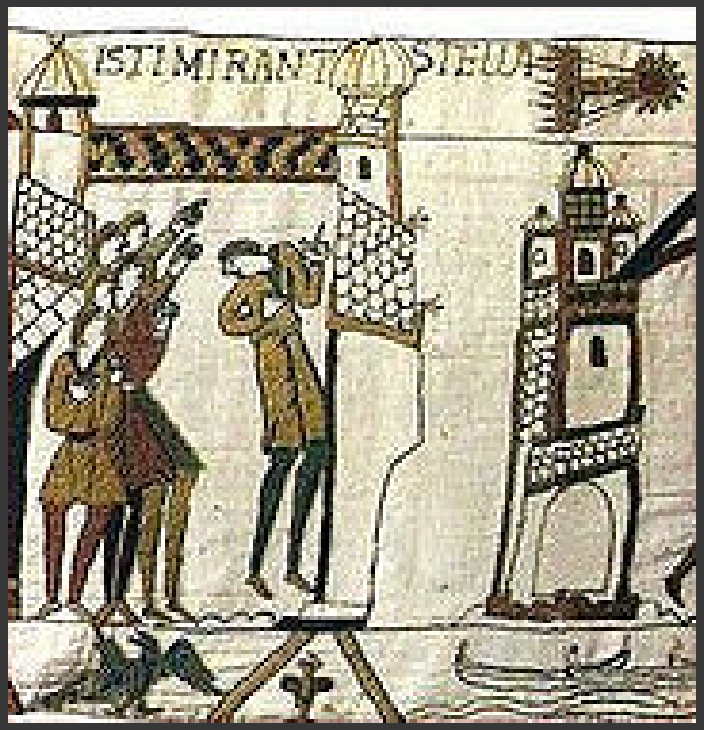



- فضای میان سیارک‌ها به قدری خالی است که برخورد میان دو سیارک احتمالا هر ۱۰ میلیون سال روی می‌دهد.
- احتمال مواجه شدن یک ماهواره با یک سیارک، یک در میلیارد است

# دنباله‌دارها

- تاریخ رصد دنباله‌دارها
- شرایط فیزیکی آنها
- سرنوشت و مدار دنباله‌دارها
- دنباله‌دارهای خاص

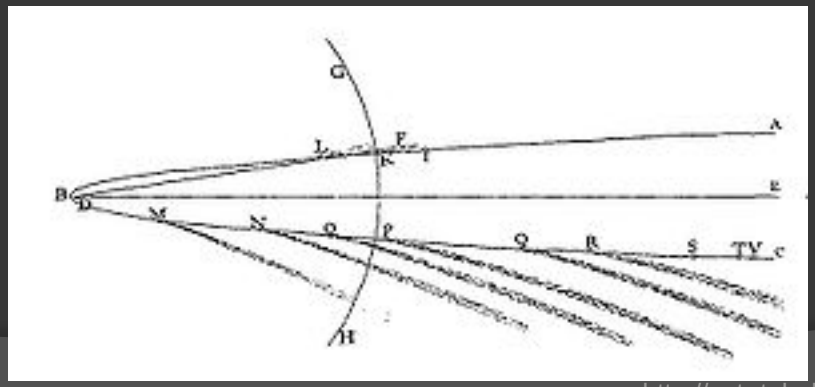
# تاریخ رصد دنباله‌دارها



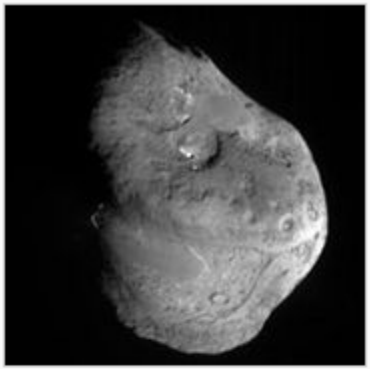

- تا قبل از ورود تلسکوپ، دنباله‌دارها اجرامی عجیب و بدون منشا بودند و عموما نشانه‌های نحسی به حساب می‌آمدند.
- اولین بار ارسطو (۳۰۰ سال قبل از میلاد) بود که در کتاب هواشناسی خود دنباله‌دارها را از اثرات بالایی جو دانست؛ جایی که هوای داغ و فشرده جمع می‌شد و هر چند وقت یک بار نورانی می‌شد
- البته او این توضیح را برای شهاب‌ها، شفق‌های قطبی و راه‌شیری هم ارائه می‌داد
- ایده ارسطو تا قرن ۱۶ام میلادی حاکم بود
- تکیو براهه دنباله دار پرنور ۱۵۷۷ را رصد کرد و نتوانست برای آن اختلاف منظری پیدا کند و نتیجه گرفت که باید حداقل چهار برابر فاصله زمین-ماه از ما دور باشد
- عکس روبرو توسط بایو تپستری (۱۰۶۶ میلادی) هنگام حمله نورمن‌ها به بریتانیا کشیده شده است

# تاریخ رصد دنباله‌دارها

- کپلر قبول نمی‌کرد که حرکت دنباله‌دارها مانند سیارات باشد (او قانون‌هایش را فقط برای سیارات نوشت)
- گالیله که اساسا کپرنیکی بود مشاهدات تیکو براهه را قبول نداشت و معتقد به نظر ارسطو بود.
- دنباله‌دار روشن ۱۶۸۰ خیلی از لحاظ تاریخی مهم بود و منجمان با ثبت دقیق مدارشان نشان دادند که مسیری بیضوی را در آسمان طی می‌کند
- نیوتون هم در کتاب پرینکیپای خود (۱۶۸۷) اثبات کرد که تحت قانون دومش، هر جسمی (از جمله دنباله‌دارها) به صورت مقاطع مخروطی در حال چرخش به دور خورشید هستند.
- تا اینکه هالی در سال ۱۷۰۵ قانون نیوتون را برای ۲۳ دنباله دار میان سالهای ۱۳۳۷ تا ۱۶۹۸ اجرا کرد و فهمید که دنباله‌دارهای ۱۵۳۱، ۱۶۰۷ و ۱۶۸۲ همگی یکی هستند
- هالی پیشبینی کرد که در ۱۷۵۹ دوباره دیده خواهد شد
- کاسینی هم این پیشبینی را کرده بود ولی با کمی ایراد
- هنگامی که دیده شد به عنوان دنباله دار هالی شناخته شد
- دنباله دار هالی در سال ۲۰۶۱ دوباره دیده می‌شود



# شرایط فیزیکی دنباله‌دارها

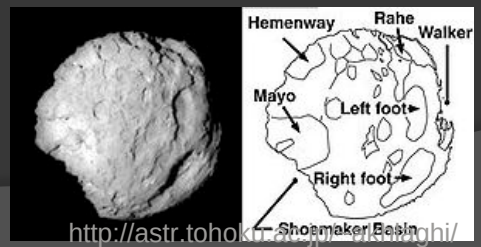


Nucleus of comet Tempel 1 imaged by the Deep Impact impactor. The nucleus measures about 6 kilometres across.

Comet Hyakutake

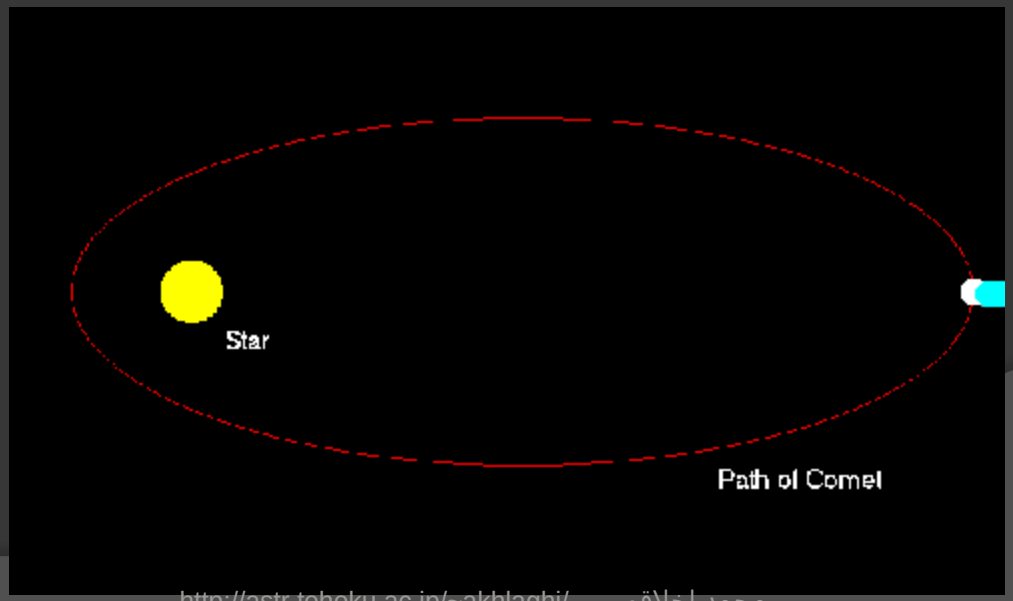
Comet Holmes (17P/Holmes) in 2007 showing blue ion tail on right

- دنباله‌دارها به دو بخش هسته، تاج و دنباله تقسیم می‌شوند
- هسته اکثر دنباله‌دارها میان ۱۰۰ متر تا ۴۰ کیلومتر تخمین زده می‌شود
- آنها از یخ، خاک و سنگ تشکیل شده‌اند، عموما به آنها "برف کثیف" گفته می‌شود
- بر خلاف انتظار سطح دنباله‌دارها از تاریک‌ترین اجرام منظومه شمسی است؛ مثلا دنباله‌دار هالی حدود ۴ درصد نوری که به آن می‌خورد را منعکس می‌کند. در واقع همین تاریکی باعث می‌شود انرژی لازم برای ذوب شدن را پیدا کنند.
- در حالی که سطح ذوب می‌شود جو کوچکی به نام تاج تولید می‌کنند
- بعضی اوقات ناگهان مقدار زیادی انرژی جذب می‌شود در نتیجه تاجی عظیم اطراف هسته را می‌گیرد. این اتفاق برای دنباله دار هلمز در سال ۲۰۰۷ روی داد



# دنباله دنباله‌دارها

- گرد و غبار و سنگ‌های دنباله مسیری منحنی شکل را ایجاد می‌کنند و گازهای جدا شده از دنباله درست خلاف جهت خورشید مسیری مستقیم ایجاد می‌کنند.
- با وجودی که هسته دنباله‌دارها عموما کمتر از ۵۰ کیلومتر است، تاج دنباله‌دار ممکن است به اندازه خورشید برسد و دیده شده است که دنباله بعضی دنباله‌دارها به یک واحد نجومی رسیده است.
- کشف دنباله مستقیم یکی از اصلی‌ترین شواهد وجود بادهای خورشیدی بود



# دنباله‌دارهای خاص

- تقریبا هر دهه یک دنباله‌دار به قدری روشن می‌شود که هرکسی آن را در آسمان شهرها مشاهده کند، به عنوان مثال:
- هنگام گذر ۱۹۱۰ دنباله‌دار هالی، زمین از میان دنباله‌اش گذشت و وحشت خاصی میان مردم درست کرد
- بعضی دنباله‌دارها خیلی به سطح خورشید نزدیک می‌شوند

# سرنوشت دنباله‌دارها

- خروج از منظومه شمسی:

اگر مدار دنباله‌دار باز باشد، بعد از یک بار گذر از کنار خورشید دیگر کاملا از منظومه شمسی خارج می‌شود.

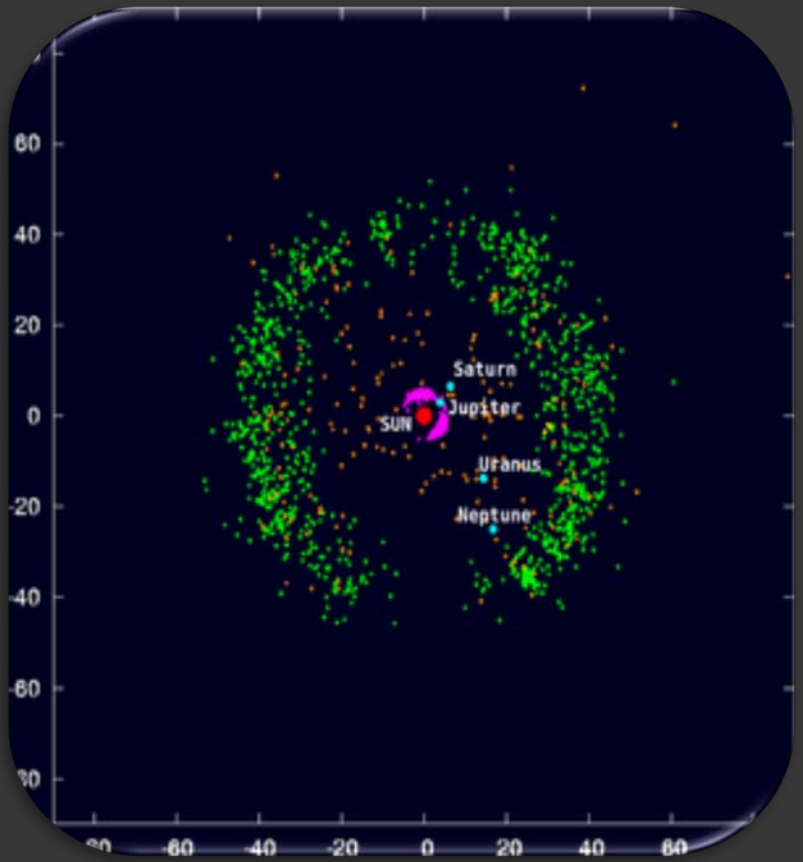
- تمام شدن یخ و سنگ:

این اتفاق بیشتر برای دنباله‌دارهای بلندمدت یا از خانواده مشتری روی می‌دهد که سوخت آنها بعد از ۱۰هزار سال یا ۱۰۰۰ بار چرخش تمام می‌شود

- شکسته شدن یا برخورد:

دنباله دار شومیکر-لوی ۹ در سال ۱۹۹۴ به خاطر گرانشی مشتری ۲۱ تکه شد و به مشتری برخورد کرد.

# کمربند کیوپر




- تاریخ کشف
- منشا و ساختار
- ساختار فیزیکی

# تاریخ رصد کمربند کیوپر

- از بعد از کشف پلوتون در اواخر دهه‌ی ۱۹۲۰، اعتقاد بر این بود که پلوتون تنها شی خارج از نپتون باشد
- در سال ۱۹۴۳، منجم بریتانیایی کنیث اجورث، این ایده را مطرح کرد که منظومه شمسی اولیه از بعد از نپتون دیگر نمی‌توانسته سیاره بزرگ تولید کند و در نتیجه اگر هم جرمی خارج از پلوتون باشد، باید کوچک باشد.
- جرارد کیوپر در سال ۱۹۵۱ این ایده را بسط داد اما اعتقاد داشت که پلوتون اندازه زمین است و تمام این اجرام را به فاصله‌های دورتر فرستاده است.
- تا اواخر دهه ۱۹۸۰ ایده بر این بود که تمام دنباله‌دارها از ابر اوورت می‌آیند، اما بعد از محاسبات شبیه‌سازی زیاد، منجمان یافتند که فاصله ابر اوورت اجازه دنباله‌دارهای کوتاه‌مدت را نمی‌دهد

# تاریخ اکتشاف کمربند کیوپر

- در سال ۱۹۹۲ اولین کاندید برای اجرام کمربند کیوپر در مناکی دیده شد.
- با مطالعات بیشتر دانشمندان دریافتند که کمربند کیوپر نمی‌تواند منشا دنباله‌دارهای کوتاه‌مدت باشد، بلکه آنها ازدیسک پراکنده می‌آیند
- طبق آخرین نظریات در منظومه شمسی اولیه، نپتون در مدار خود کمی از خورشید دور شده و وارد منطقه امروزی کمربند کیوپر شده است و تمام اعضای این کمربند را که پایدار نبودند را از این کمربند به بیرون پرتاب کرده است. این منطقه بیرونی بعدا دیسک پراکنده نامیده شد.
- به همین دلیل کمربند کیوپر از لحاظ دینامیکی پایدار است ولی دیسک پراکنده نه.

# بزرگترین اجرام موجود در کمربند کیوپر

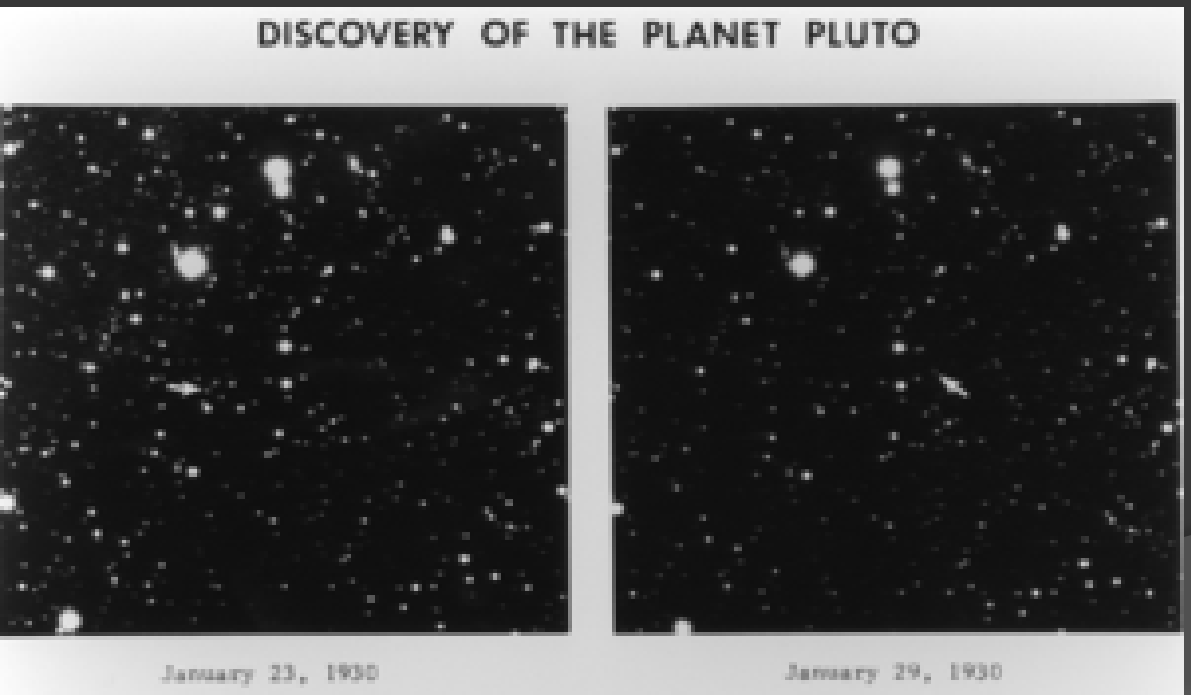
# پلوتون

- تاریخ کشف پلوتون
- نامگذاری پلوتون
- شرایط فیزیکی
- مدار
- قمرها

# تاریخ اکتشاف پلوتون

Clyde W. Tombaugh

- بعد از پیشبینی موقعیت نپتون و کشف آن آقای لاول در ۱۸۹۴ پروژه پیدا کردن پلوتون را شروع کرد.
- تا مرگ لاول در ۱۹۱۶ هنوز این سیاره پیدا نشده بود و بعد از آن تا ۱۹۲۹ پروژه تقریبا معلق ماند
- کلید تامبو (که شغلش مقایسه عکس‌ها با اختلاف زمانی دو هفته بود) در اوایل ۱۹۳۰ توانست پلوتون را پیدا کند.



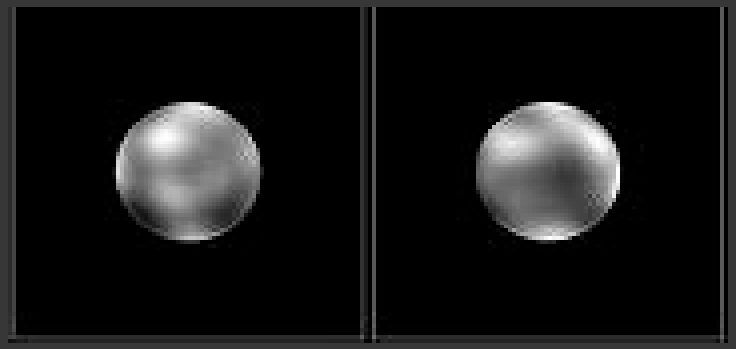

- در نهایت با تایید حرکت این سیاره، مشخصات آن در ۱۳ مارس ۱۹۳۰ به جامعه جهانی اعلام شد

محمد

# نامگذاری پلوتون

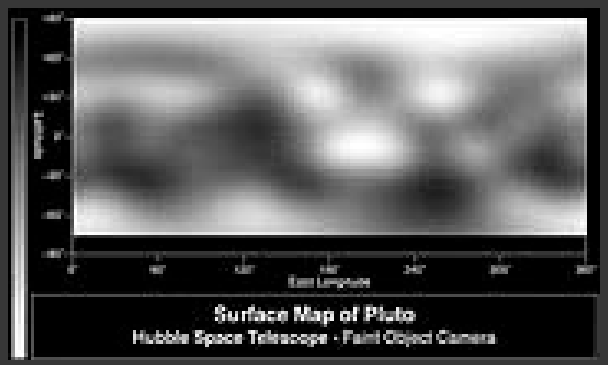
**Venetia Phair**
(۱۱ جولای ۱۹۱۸ تا ۳۰ آوریل ۲۰۰۹)

- برای نامگذاری سیاره رصدخانه لاول از همه جای دنیا نظر خواهی کرد و بیش از ۱۰۰۰ نام برای آن پیشنهاد شد
- نام پلوتون توسط ونتینا برنی که آن زمان دختری ۱۱ ساله در آکسفورد انگلستان زندگی می‌کرد پیشنهاد داده شد.
- شرکت ولت دیزنی که در همان سال سگی جدید را به شخصیت‌های خود اضافه کرده بود، به علت داغ بودن موضوع پیدا کردن این سیاره، نام این سگ را پلوتو گذاشت
- گلن سیبورگ که در سال ۱۹۴۱ عنصر جدیدی کشف کرد بر اساس نام این سیاره نام عنصر جدید را پلوتونیوم گذاشت. قبل از این عنصر اورانیوم و نپتونیوم بر اساس نام سیارات نامگذاری شده بودند

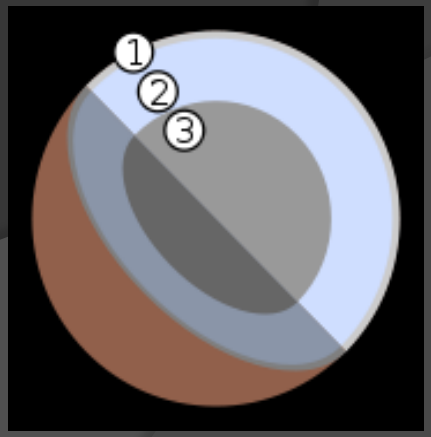


# شرایط فیزیکی

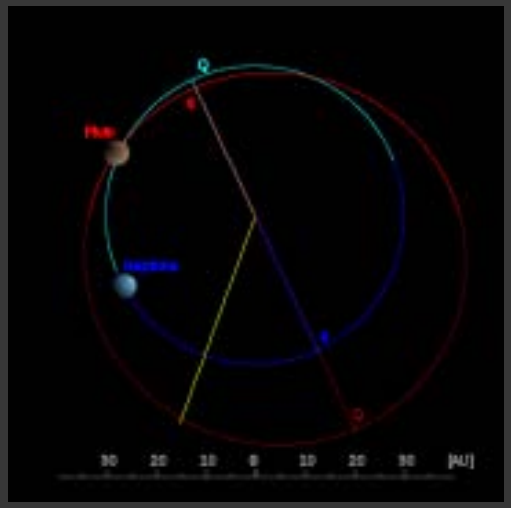
- جرم پلوتون ۰.۲درصد جرم زمین است
- به علت فاصله بسیار زیاد، تمام اطلاعات با خطای بسیار زیاد بیان می‌شوند
- در سال ۲۰۱۵ ماهواره افق‌های جدید قرار است از کنار پلوتون بگذرد
- تحلیل‌های طیف‌سنجی پیشنهاد می‌کنند که احتمالا سطح آن تا حد زیادی یخ نیتروژن است

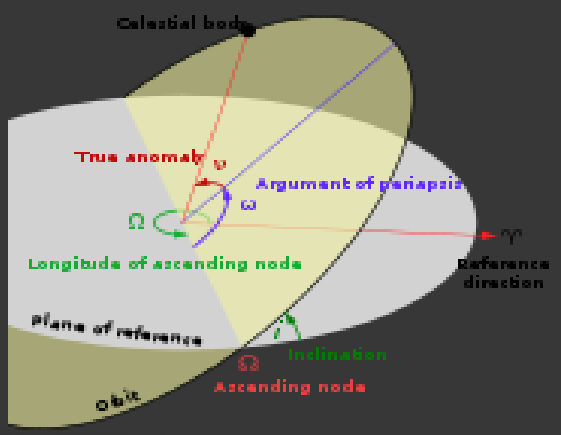


- جرم دقیق پلوتون بعد از کشف کارون (قمر پلوتون) اندازه گیری شد و از طریق تغییرات نوری در گرفت‌ها کمی سطح آن بهتر شناخته شده است
- لایه ۱: نیتروژن یخ زده، لایه ۲: آب یخ زده، لایه ۳: سنگ



# مدار پلوتون

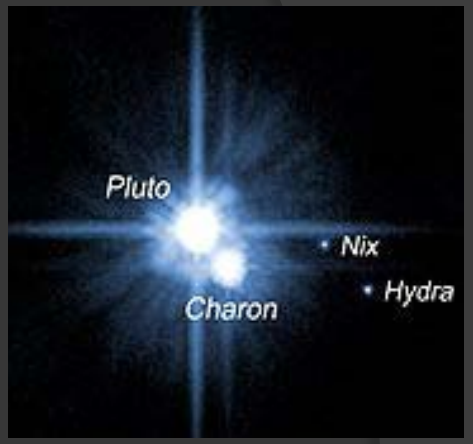





- مدار پلوتون نسبت به مدار اورانوس شدیدا بیضی‌تر و در صفحه‌ای خیلی متمایل (بیشتر از ۱۷ درجه) قرار دارد.
- بیضوی بودن زیاد مدار پلوتون باعث می‌شود که در بعضی مواقع پلوتون از نپتون نزدیک‌تر باشد؛ آخرین بار از بهمن ۱۳۵۸ تا بهمن ۱۳۷۸ پلوتون نزدیک‌تر بود.
- به دلیل انحراف صفحه‌ی مداری پلوتون، هنگامی که پلوتون به خورشید نزدیک‌تر است، حدود ۸ واحد نجومی از صفحه نپتون فاصله دارد.
- مدار پلوتون بسیار ناپایدار است و برخلاف سایر سیارات نمی‌توان دقیقا پیشبینی کرد که چند میلیون سال دیگر در کدام قسمت از مدار خود است.

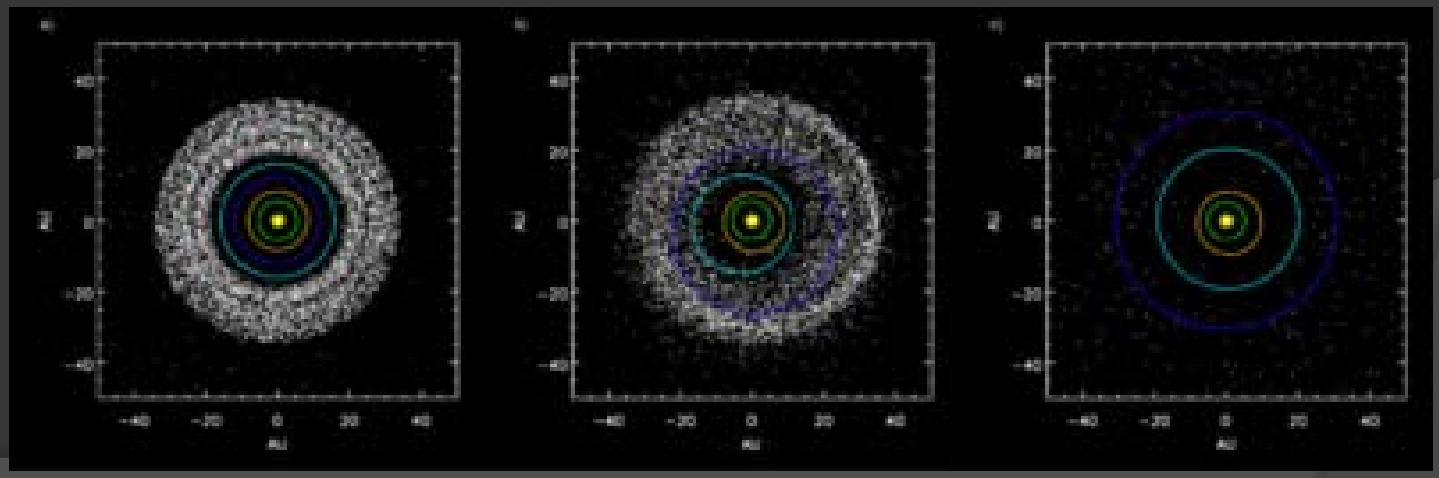
# قمرهای پلوتون

- پلوتون یک قمر بزرگ به نام کارون دارد که در سال ۱۹۷۸ کشف شد و دو قمر کوچک به نام نیکس و هایدرا که در سال ۲۰۰۵ کشف شدند.
- منظومه پلوتون-کارون بزرگترین مجموعه دوگانه منظومه شمسی به حساب می‌آید
- هر دو دقیقا از لحاظ کشش به هم قفل شده‌اند طوری که پلوتون همیشه یک سمت کارون را می‌بیند و کارون همیشه یک سمت پلوتون



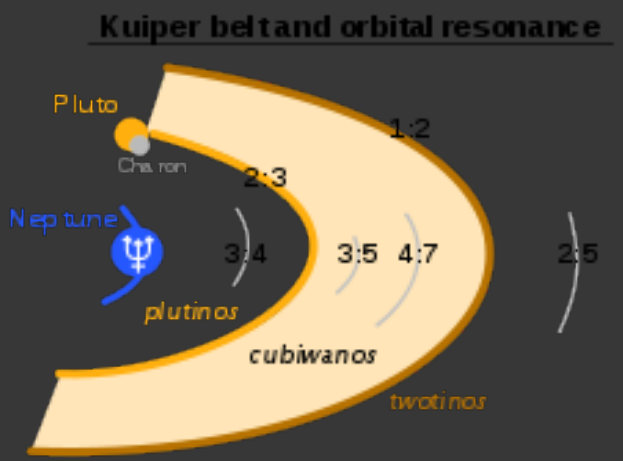
# منشا کمربند کیوپر

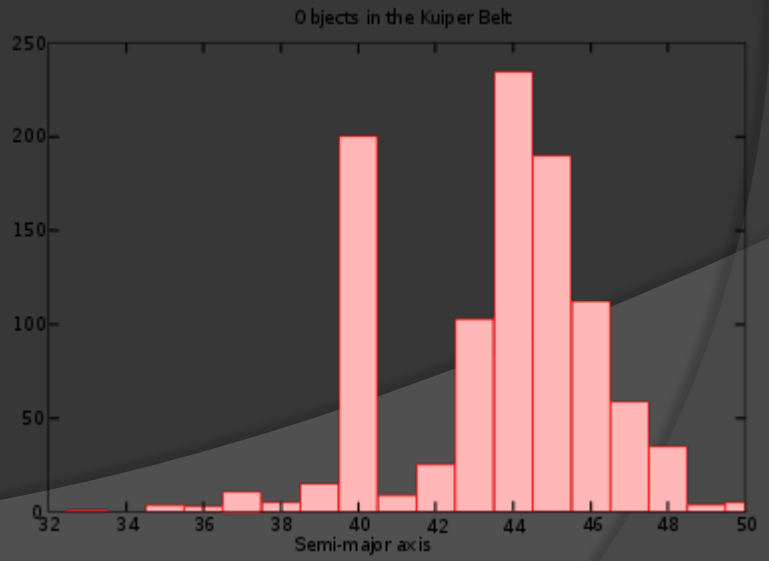
- شبیه‌سازی‌های کامپیوتری پیشنهاد می‌کنند که تشکیل کمربند کیوپر شدیدا وابسطه به مشتری و نپتون بوده است و اینکه اصولا اورانوس و نپتون نمی‌توانستند در این فاصله تشکیل شوند.
- نپتون در هنگام تشکیل احتمال نزدیکی‌های زحل بوده، اما به دلیل برهمکنش‌های گرانشی با مشتری و زحل از آن منطقه طرد شده، وارد کمربند کیوپر شده و دیسک پراکنده را تولید کرده و نهایت در مدار فعلی خود قرار گرفته است.



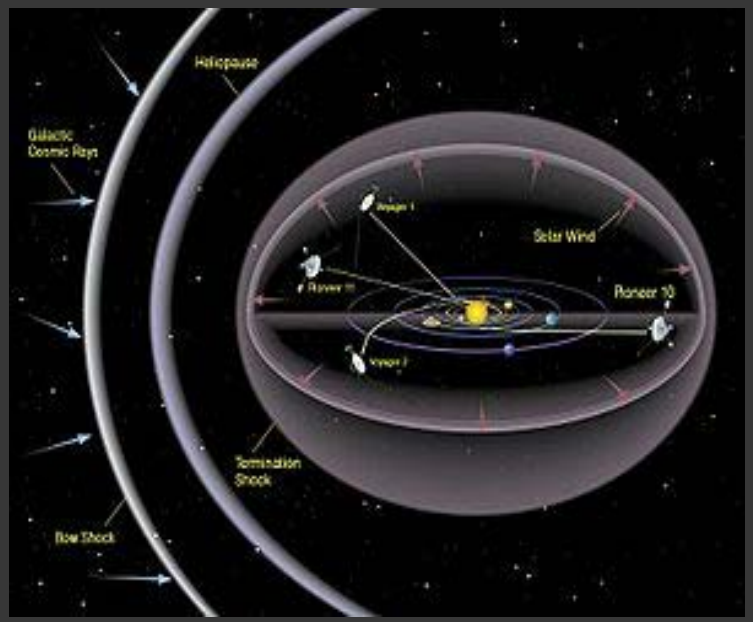
# ساختار کمربند کیوپر

- کمربند کیوپر در فاصله ۳۰ الی ۵۰ واحد نجومی از خورشید قرار دارد.
- همانند کمربند سیارکها کمربند در کمربند کیوپر هم در فاصله‌های خاصی به دلیل واکنش گرانشی با نپتون، جرمی نمی‌تواند حضور داشته باشد
- به عنوان مثال امکان حضور جسمی در فاصله ۴۰ تا ۴۲ واحد نجومی وجود ندارد.
- در نمودار زیر تعداد اجرام کمربند کیوپر را بر حسب فاصله می‌توانید ببینید



# کره خورشید (HELIOSPHERE)



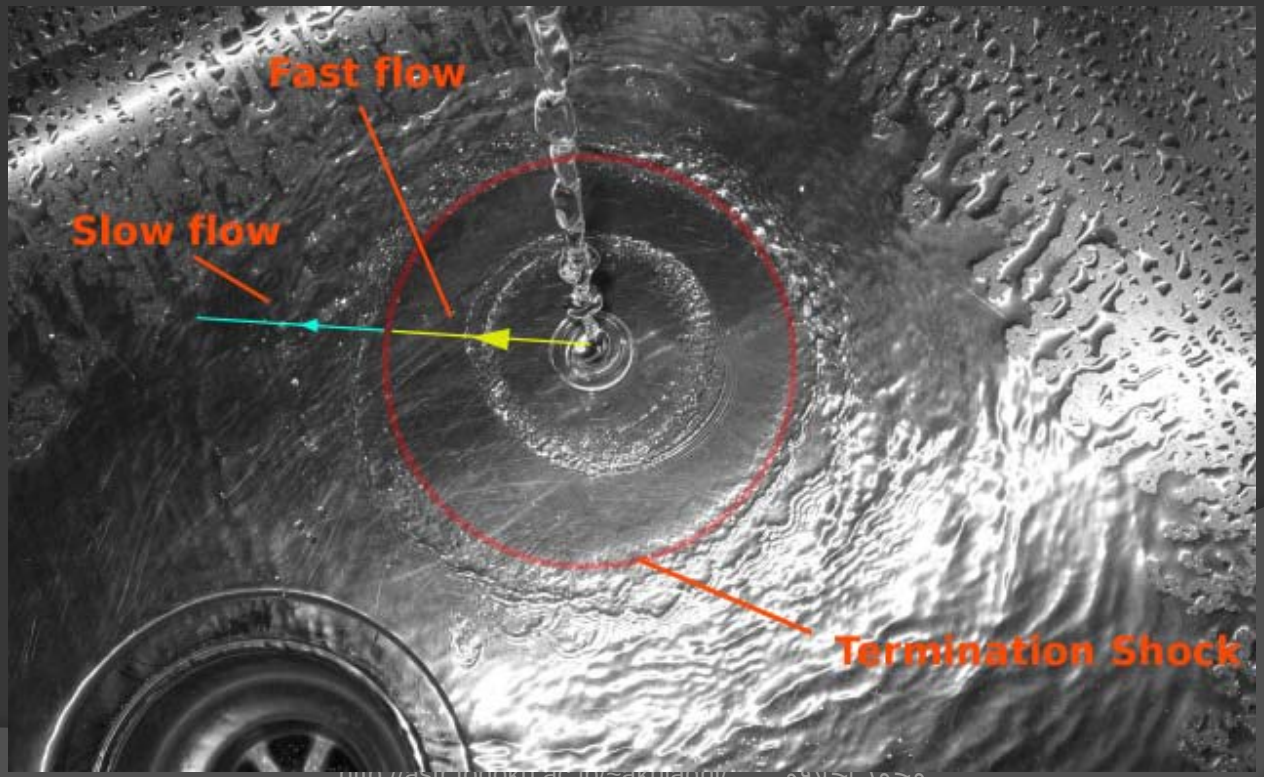

- کره خورشید حبابی در فضای میان‌ستاره‌ای است که تمام ذراتش از خورشید می‌آیند.
- در ۱۰ میلیارد کیلومتر اول، باد خورشیدی با سرعتی حدود یک میلیون کیلومتر در ساعت حرکت می‌کند، اما با برخورد با مواد میان‌ستاره‌ای سرعتش کاهش می‌یابد و در نهایت کاملا می‌ایستد.
- جایی که سرعتش کم می‌شود شوک پایانی (Termination Shock) نامیده می‌شود و جایی که با فضای میان‌ستاره‌ای به یک فشار می‌رسد کره ایست خورشیدی (Heliopause) نامیده می‌شود.

# جریان باد خورشیدی

- جریان باد خورشیدی موجی عظیم از ذرات باردار خورشیدی است که منشاء آنها میدان‌های عظیم مغناطیسی خورشید است.
- این جریان باد خورشیدی بزرگترین ساختار منظومه شمسی به حساب می‌آید.
- جریانی الکتریکی معادل $10^{-10}$آمپر بر متر مربع در آن وجود دارد

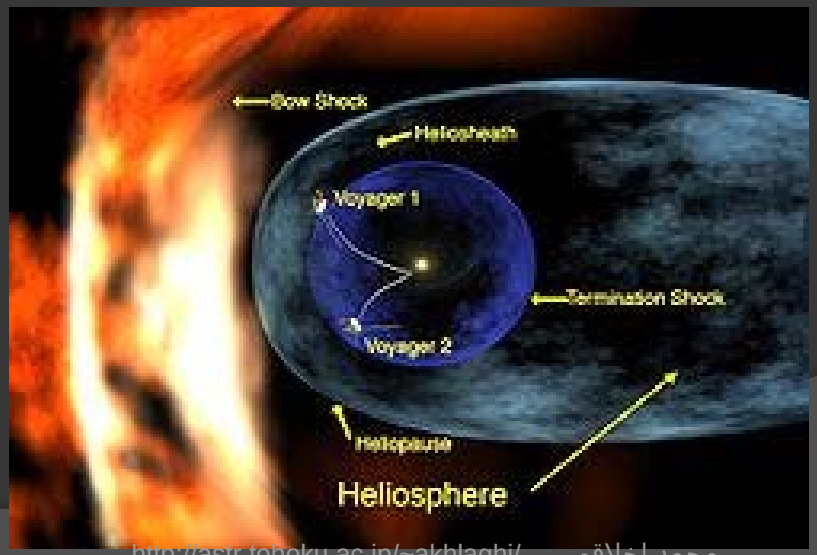
# شوک پایانی

- شوک پایانی مکانی است که سرعت باد خورشیدی به زیر سرعت صوت می‌رسد که نتیجه‌ی آن فشردگی، افزایش دما و تغییر قطبش مغناطیسی است.
- برای منظومه‌شمسی به نظر می‌آید این شوک در فاصله ۷۰ تا ۹۰ واحد نجومی باشد.
- وییجر۲ در سال ۲۰۰۷ از این شوک گذشت (۳۰ سال پیش پرتاب شد)



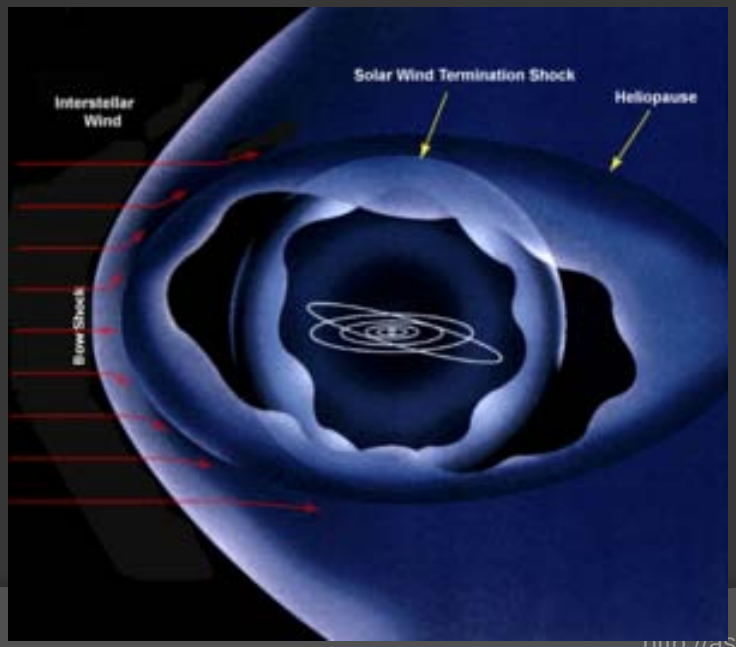
# پوشش خورشیدی (HELIOSHEATH)

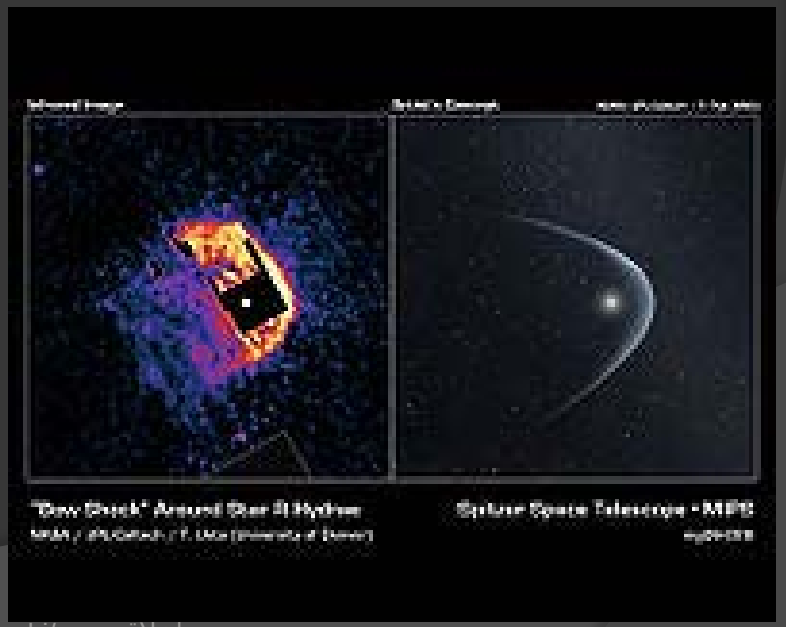
- پوشش خورشیدی منطقه‌ی بعد از شوک پایانی است که در آن جریان باد خورشیدی به دلیل برهمکنش با فضای میان‌ستاره‌ای همیشه متلاتم است
- در نزدیک‌ترین فاصله‌ی آن از خورشید، پوشش خورشیدی ۸۰ تا ۱۰۰ واحد نجومی از خورشید فاصله دارد
- مانند دنباله‌دارها خلاف جهت برخورد با فضای میان‌ستاره‌ای فاصله پوشش خورشیدی چندین برابر این فاصله است.
- ماموریت فعلی وییجرهای یک و دو شناخت پوشش خورشیدی است



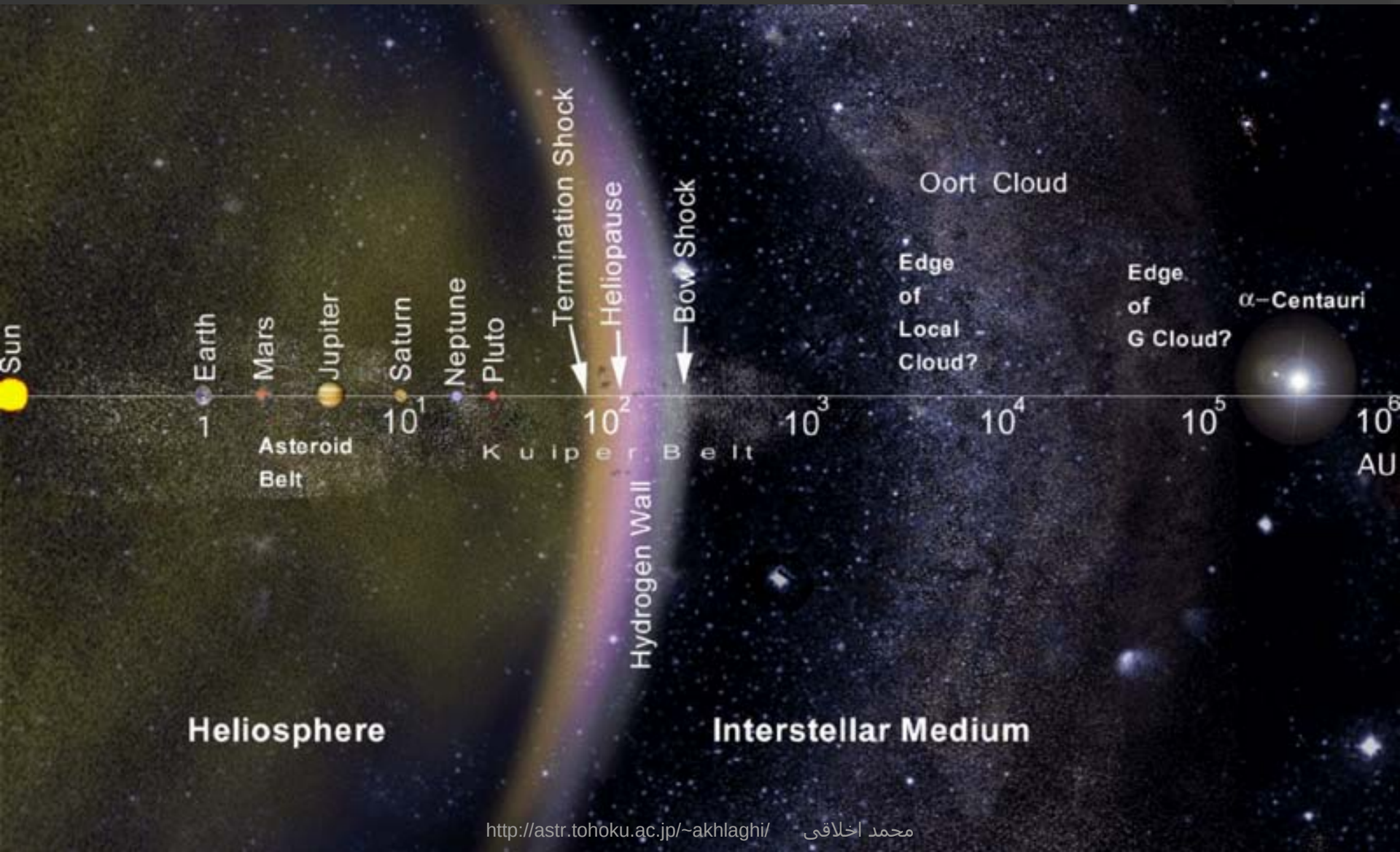
# ایست خورشیدی و شوک قوسی

- ایست خورشیدی منطقه‌ای است که باد خورشیدی می‌ایستد و دیگر قادر به مقاومت مقابل جریان فضای میان‌ستاره‌ای نیست.
- شوک قوسی هنگامی روی‌می‌دهد که جریان فضای میان‌ستاره‌ای با سرعتی بیش از سرعت صوت به کره‌ی خورشیدی برخورد کند.
- در عکس زیر شوک قوسی ستاره R Hydrae دیده می‌شود.



# منظومه شمسی در مقیاس لگاریتمی



به نام آنکه جان را فکرت آموخت
چو قاف قدرتش دم بر قلم زد

چراغ دل ز نور جان بر افروخت
هزاران نقش بر لوح عدم زد

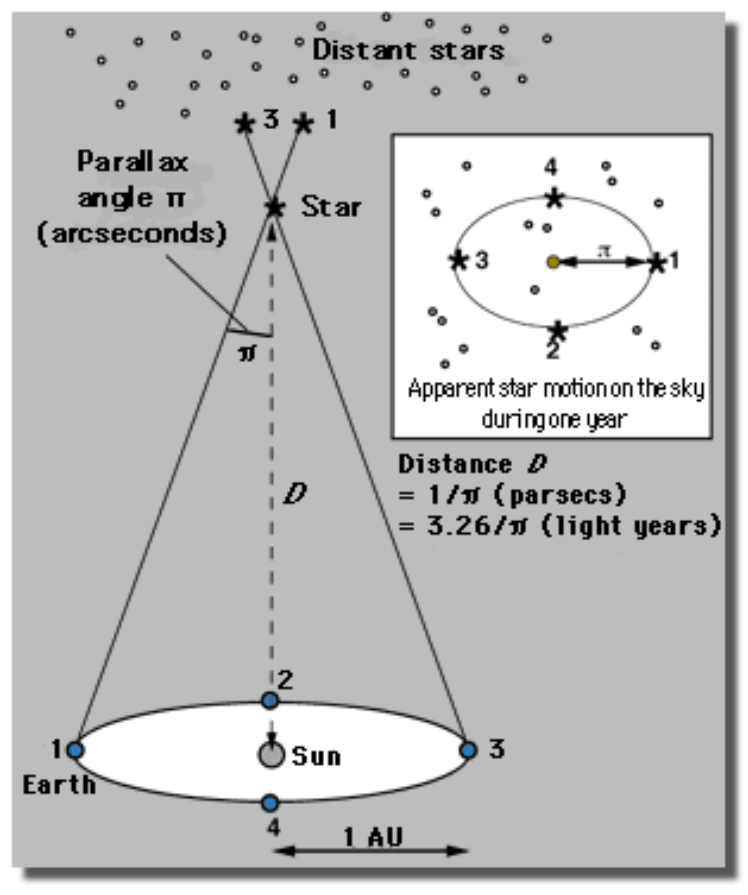
# اخترفیزیک (فیزیک حاکم بر ستارگان)

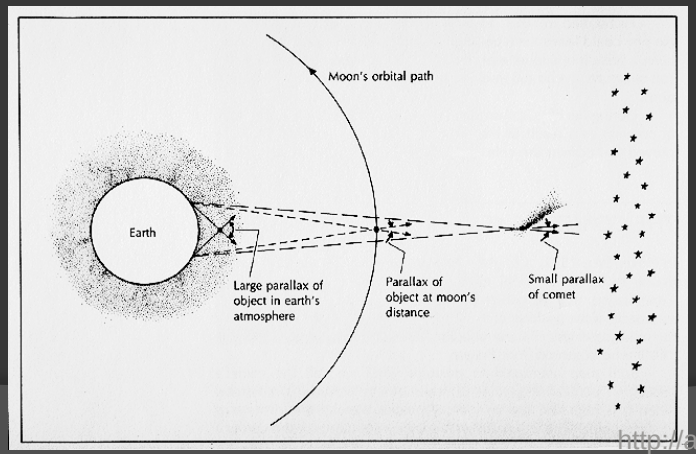
- پارالاکس و روش های فاصله سنجی
- امواج الکترومغناطیس و طیف آنها
- رده بندی ستارگان بر اساس طیف آنها

# روش های فاصله‌سنجی

- **لیزر؛** اجسام خیلی نزدیک، به عنوان مثال: ماه
- **پارالاکس؛** تا ۱۰۰۰ پارسک یا $۳۱ \times ۱۰^{۱۵}$ کیلومتر
- **نمودار HR؛** تا جایی که بتوان گونهٔ طیفی ستاره را تعیین کرد، اما خطا بالا است
- **متغیر های قیفاووسی؛** تا جایی که متغیر بودن آنها معلوم باشد با دقت خیلی بالا: ۵ تا ۶ میلیون پارسک
- **روشنایی سطحی؛** تا ۷۰ میلیون پارسک
- **روش تولی-فیشر؛** تا ۱۵۰ میلیون پارسک
- **صفحهٔ اصلی؛** تا ۴۰۰ میلیون پارسک
- **ابرنو اخترهای نوع یک؛** تا ۵۰۰ مگا پارسک دقت خیلی بالا

# پارالاکس




- در سال ۱۷۶۱ اولین بار در گذر زهره توسط پارالاکس فاصله زهره از زمین تعیین شد
- در شکل زیر: $D = (1AU) / (\tan\pi) = (1/\pi)AU$
(البته در این رابطه π بر حسب رادیان است)
- از آنجایی که ۱رادیان برابر ۵۷.۳درجه و $۲.۰۶۳X۱۰^{۵}$ ثانیه قوس است، پس رابطه بالا را می‌توان بهتر و کاربردی‌تر نوشت:

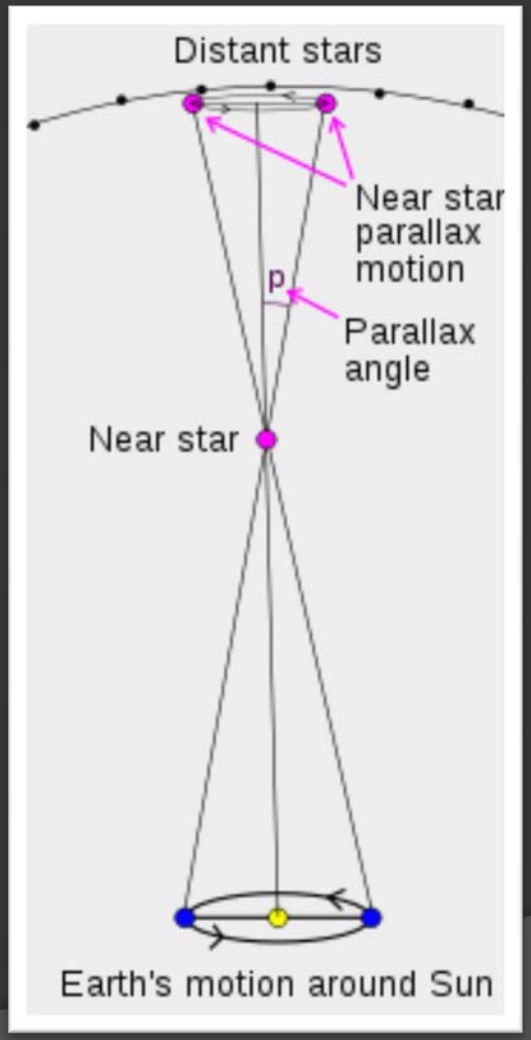
$$D = (2.063 \times 10^5 / \pi)\ AU$$

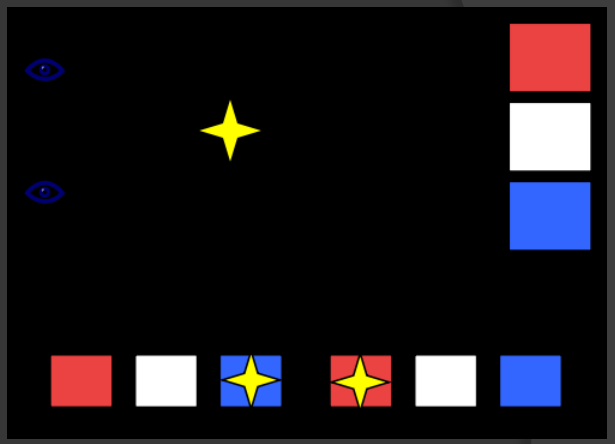
- اگر $۲.۰۶۳X۱۰^{۵}$ واحد نجومی را یک پارسک تعریف کنیم:

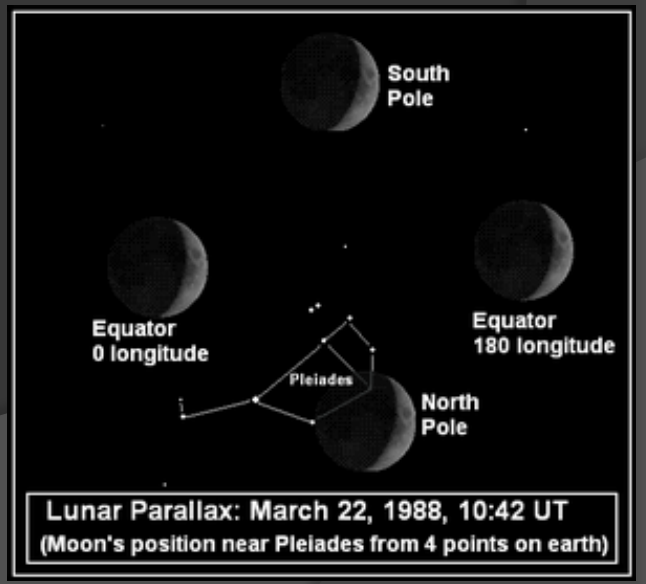
$$D = (1 / \pi)\ pc$$

- که در آن π بر حسب ثانیه قوس است

# چند نمونه از پارالاکس





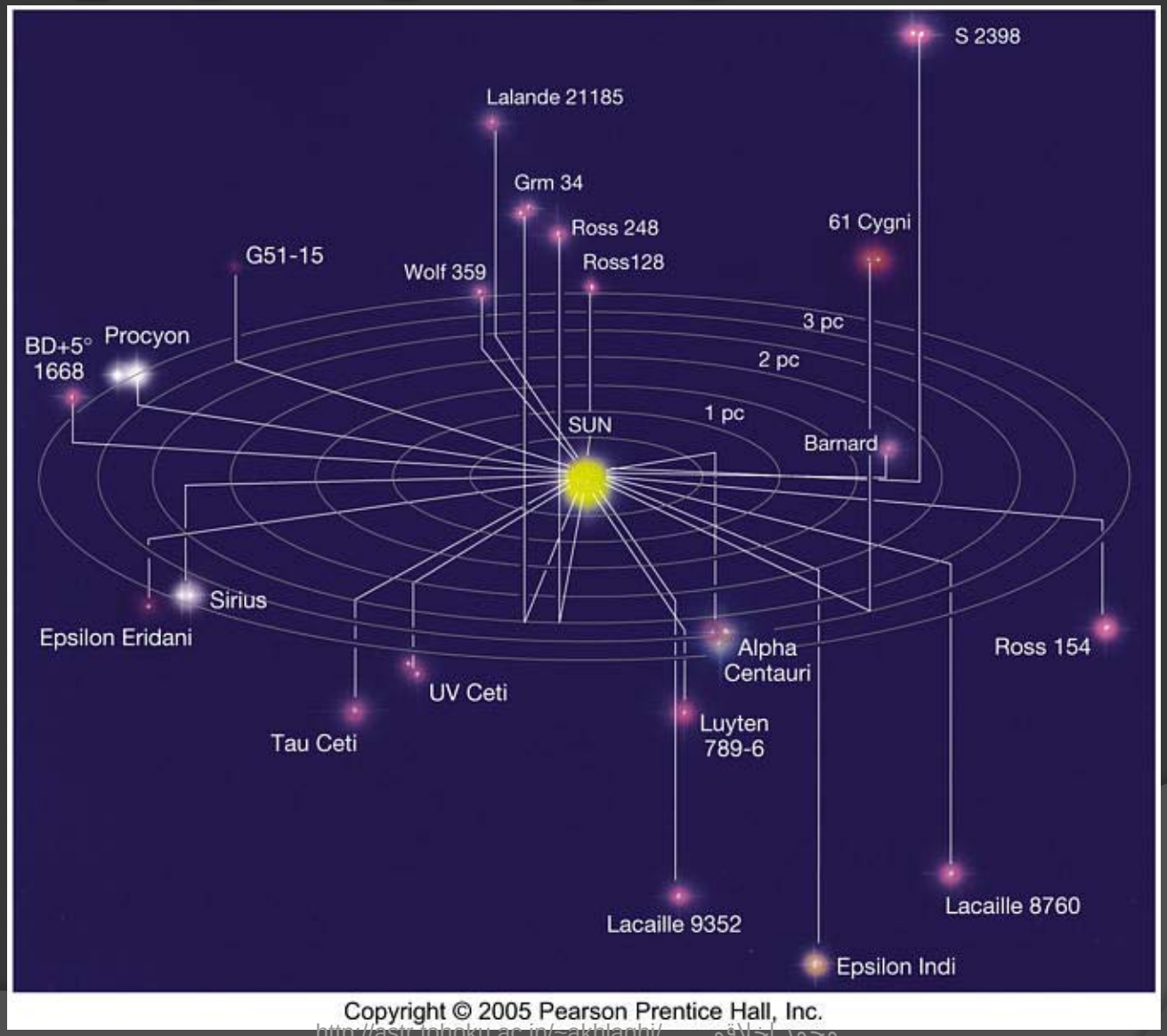
# پارالاکس

- واحد نجومی پر کاربرد دیگر سال نوری می‌باشد طوری که:

$$1pc = 3.262\ ly$$

- حتی پارالاکس آلفا قنطورس (نزدیک‌ترین ستاره) کمتر از یک ثانیه قوس است: ۰.۷۷ ثانیه قوس
- اندازه‌گیری این زوایای کوچک به قدری سخت است که فردیرش ویلیام بسل در ۱۸۳۸ اولین بار آن را مشاهده کرد
- با استفاده از ماهواره‌ها، زوایایی به کوچکی ۰.۰۰۱ثانیه قوس قابل مشاهده هستند (یعنی فاصله ۱۰۰۰ پارسکی)
- فاصله تا مرکز کهکشان ما ۸هزار پارسک است، پس این روش فقط برای نقشه‌برداری ستاره‌های نزدیک مفید است

# فاصله تعدادی از ستاره‌های نزدیک




Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

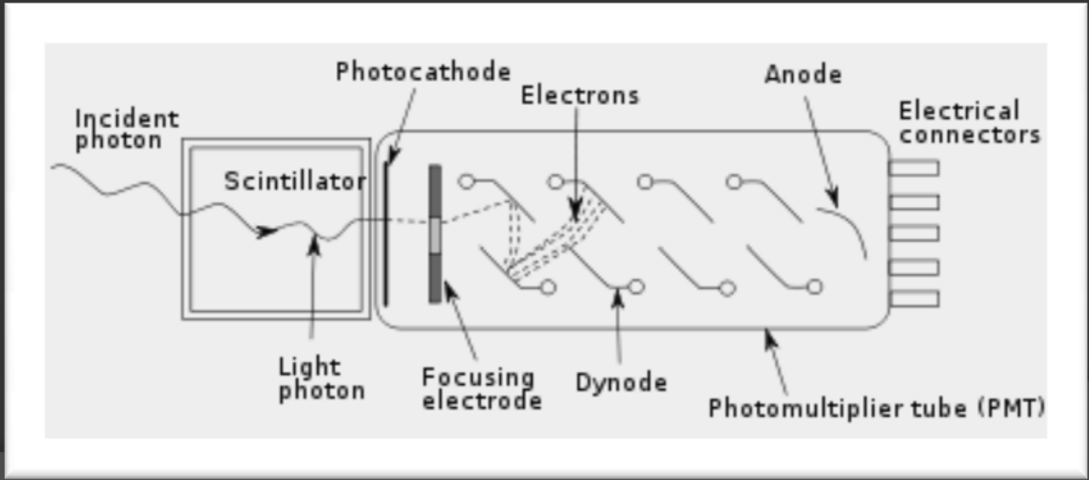
http://astr.tohoku.ac.jp/~akhlaghi/ محمد اخلاقی

# مقیاس قدر

- تقریبا تمام اطلاعات ما از ستارگان، کهکشان‌ها و ابرهای میان‌ستاره‌ای به نور آنها بستگی دارد.
- تمام دانشمان از جهان را مدیون مطالعه کمی نور اجرام سماوی هستیم
- هیپارکوس یونانی (۱۹۰ تا ۱۲۰ قبل از میلاد) اولین کسی بود که ستاره‌ها را بر اساس قدرشان جدول‌بندی کرد
- او پرنورترین جرم سماوی را قدر ۱ دانست و کم‌نورترین آنها را ۶
- از زمان هیپارکوس ملاک او تکامل پیدا کرد طوری که امروزه اختلاف قدر بر اساس نسبت میان درخشندگی دو ستاره تعریف می‌شود:
- درخشندگی ستاره‌ای که ۵ قدر از ستاره دیگر کمتر باشد ۱۰۰ برابر است:
- اختلاف یک قدر معادل $100^{1/5}$ یا ۲.۵۱۲ اختلاف درخشندگی است

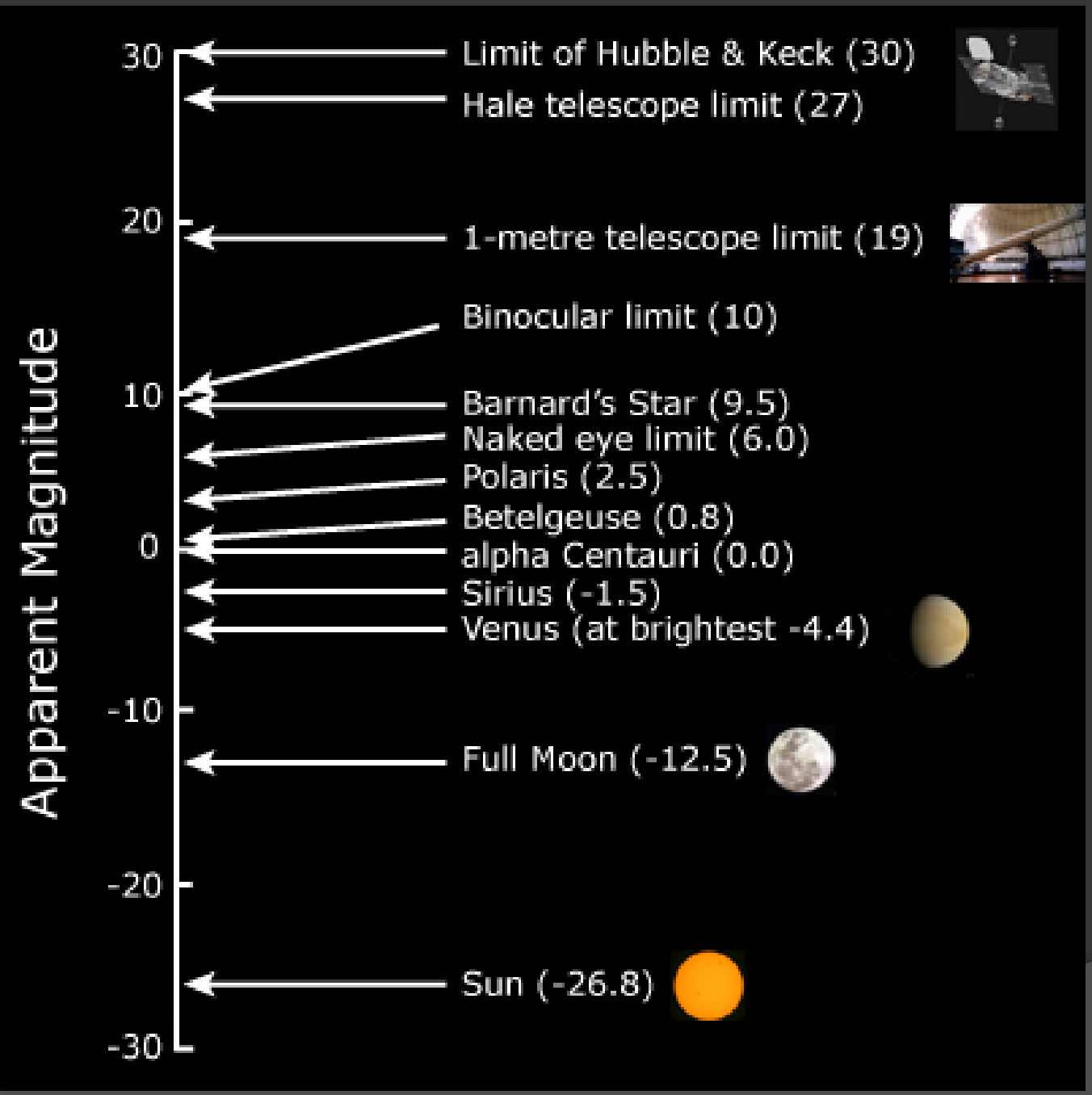
# مقیاس قدر

- با کمک دستگاه‌های فوتومتر منجمان امروزه می‌توانند قدر یک ستاره را تا دقت ۰.۰۱ قدر پیدا کنند.
- از زمان هیپارکوس مقیاس قدر خیلی گسترش پیدا کرده است: خورشید ۲۶.۸۱- و کم‌نورترین کهکشان دور: ۲۹.
- روشنایی (Brightness) ستاره بر اساس درخشندگی (Luminosity) (در تمام طول‌موج‌ها) که از صفحه‌ای عمود بر نور می‌گذرد تعریف می‌شود



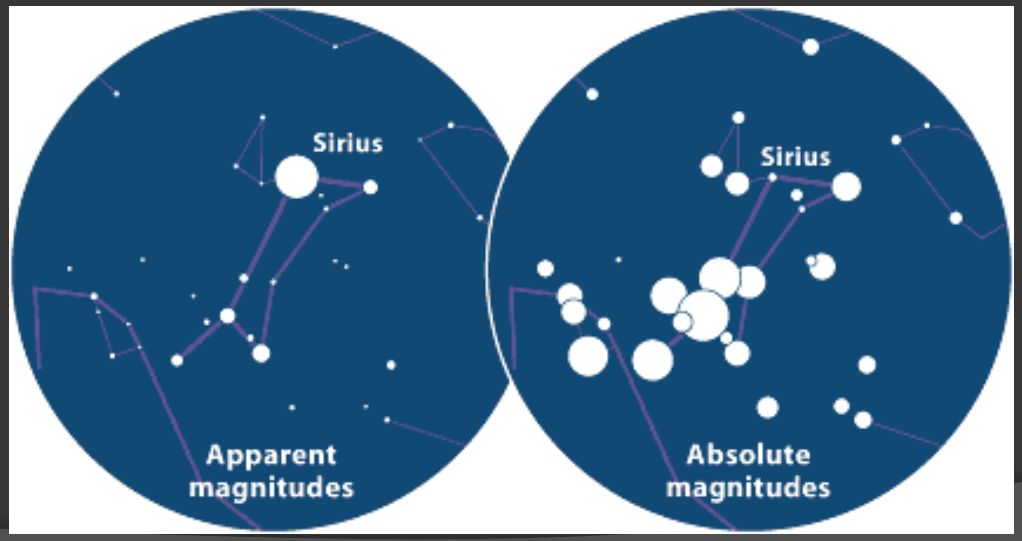

$$F = \frac{L}{4\pi r^2}$$

# مقیاس قدر


Apparent Magnitude
30
20
10
0
-10
-20
-30
Limit of Hubble & Keck (30)
Hale telescope limit (27)
1-metre telescope limit (19)
Binocular limit (10)
Barnard's Star (9.5)
Naked eye limit (6.0)
Polaris (2.5)
Betelgeuse (0.8)
alpha Centauri (0.0)
Sirius (-1.5)
Venus (at brightest -4.4)
Full Moon (-12.5)
Sun (-26.8)

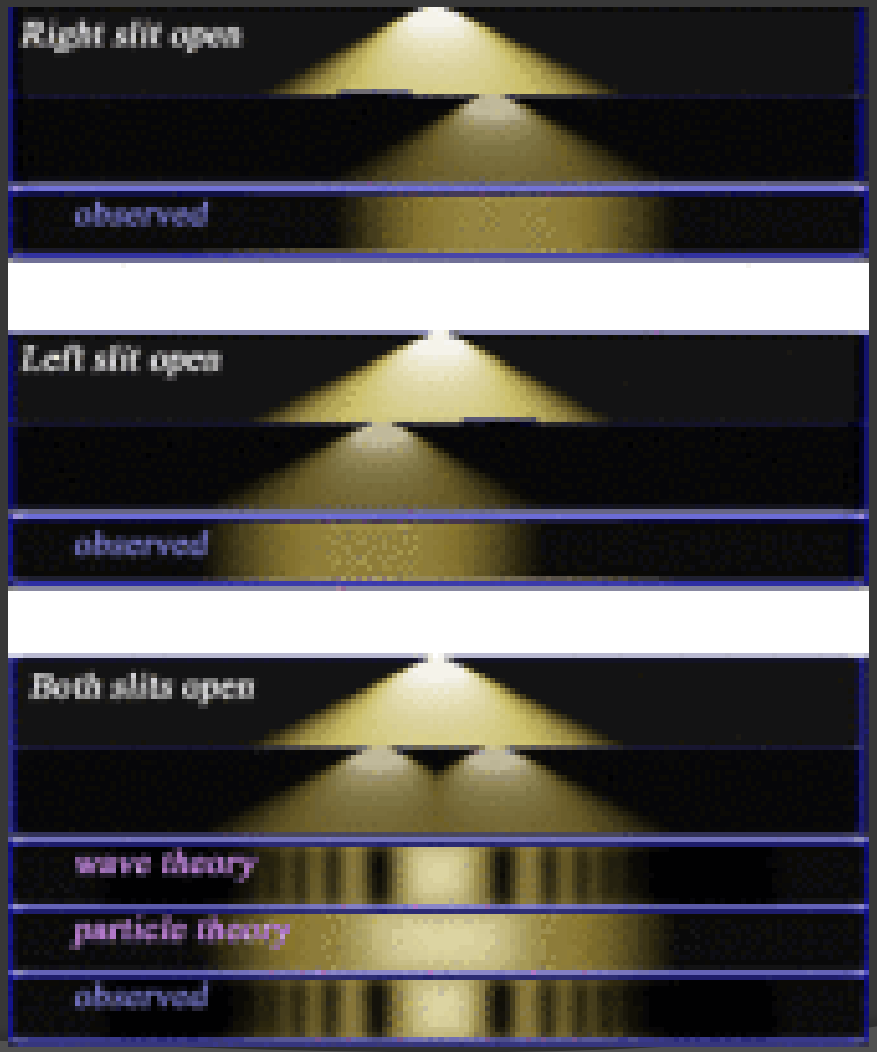
# قدر مطلق

- همانطور که دیدیم قدر ظاهری که تا به حال در موردش صحبت کردیم، وابستگی شدیدی به فاصله ستاره از ما دارد، پس نمی‌تواند به عنوان ملاکی برای روشنایی ستاره باشد
- بر همین اساس، قدر مطلق را قدر هر ستاره در فاصله ۱۰پارسکی تعریف می‌کنیم. در رابطه زیر مقیاس فاصله را چنین تعریف می‌کنیم:




$$m - M = 5log_{10}\left(\frac{d}{10pc}\right)$$

# خاصیت موجی نور




- ابن‌هیثم (۹۶۵ تا ۱۰۴۰ میلادی)، ابن‌سینا (۹۸۰ تا ۱۰۳۷ میلادی) و نیوتون (۱۶۴۲ تا ۱۷۲۷میلادی) از جمله افرادی بودند که اعتقاد به ذره‌ای بودن نور داشتند، ذره‌ای بودن نور شکست نور را توجیه نمی‌کرد.
- در ۱۶۶۰ رابرت هوک کتاب خاصیت موجی نور را چاپ کرد و هویگنز بحث موجی بودن نور را تکمیل کرد و در سال ۱۶۹۰ کتابش را به چاپ رساند.
- آخرین اثبات دقیق برای موجی بودن نور توسط توماس یانگ در سال ۱۸۰۰ میلادی توسط آزمایش دو شکافی انجام شد.
- تا آن زمان عقیده بر این بود که موج حتما به محیطی برای انتقال نیاز دارد (مانند موج‌های صدا یا موج‌های روی آب)، پس نور هم در اتر حرکت می‌کرد.

# سرعت نور

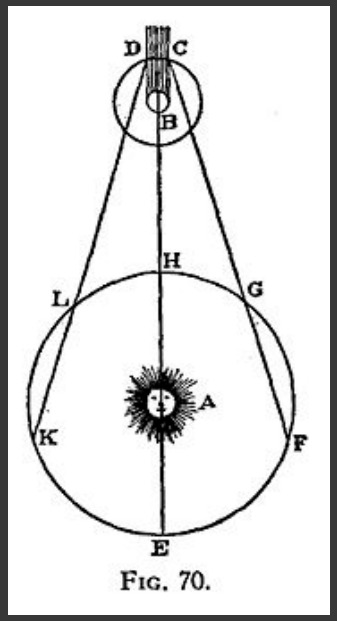
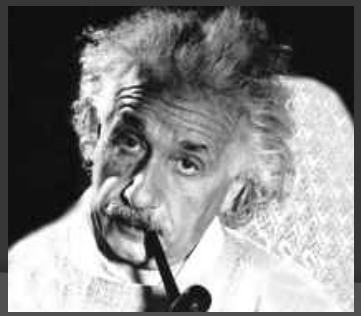


Fig. 70.

- اولین بار سرعت نور توسط منجم رصدخانه پاریس رومر (۱۶۴۴ تا ۱۷۱۰)، هنگامی که روی مدار آیو به دور مشتری کار می‌کرد، اندازه‌گیری شد: $2.2 \times 10^{10}$ متر بر ثانیه. (شکل مقابل)
- جمیز کلارک ماکسول (۱۸۳۱ تا ۱۸۷۹) در محاسبات نظری خود در مورد امواج الکترومغناطیس نشان داد که سرعت نور ثابت و فقط وابسطه به ثابت‌های الکتریکی و مغناطیسی محیط است.

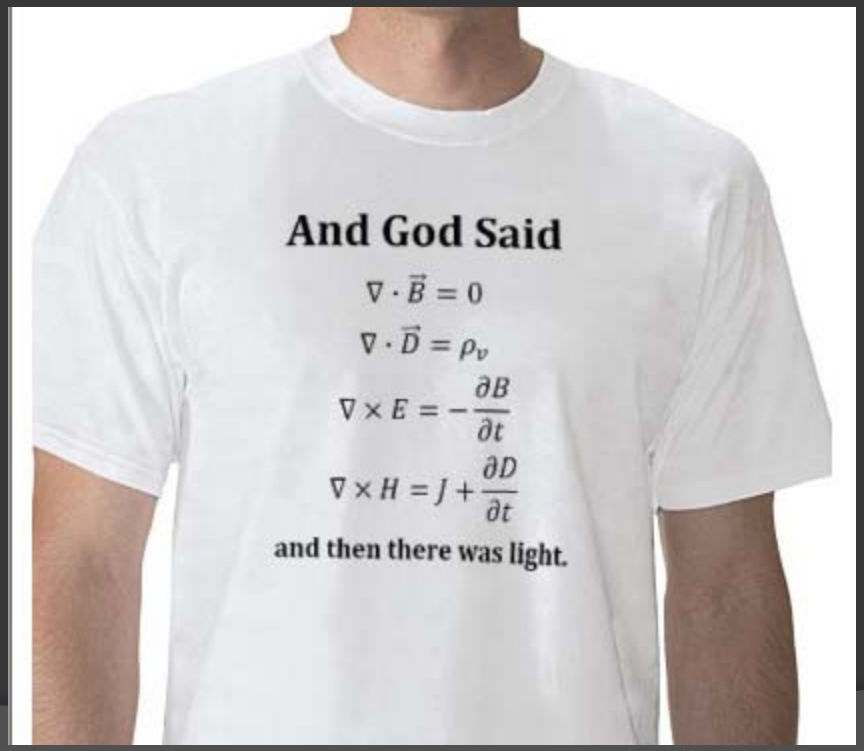
- مایکلسون و مورلی در دهه‌ی ۱۸۸۰ هنگام اندازه‌گیری سرعت حرکت زمین در اتر، مشاهده کردند که سرعت نور در هر دو حالت یکسان است
- انشتاین (۱۸۷۹ تا ۱۹۵۵)، بر مبنای معادلات ماکسول و مشاهدات مایکلسون و مورلی مکانیکی جدید پایه گذاری کرد که به نسبیت خاص (در سال ۱۹۰۵) و نسبیت عام (در سال ۱۹۱۶) منجر شد

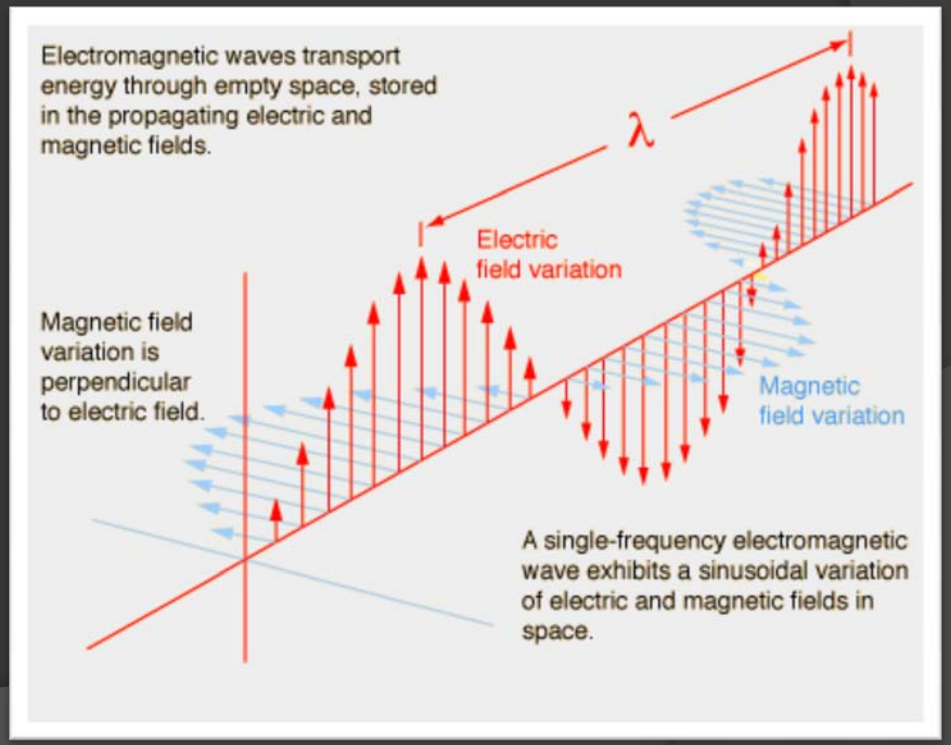


- بعد از آن مشاهدات دیگر انجام شد تا اینکه در سال ۱۹۸۳ سرعت نور به عنوان یک ثابت طبیعت تعریف و متر بر مبنای آن تعریف شد: یک متر فاصله‌ای است که نور در ۱/۲۹۹۷۹۲۴۵۸ ثانیه طی می‌کند.

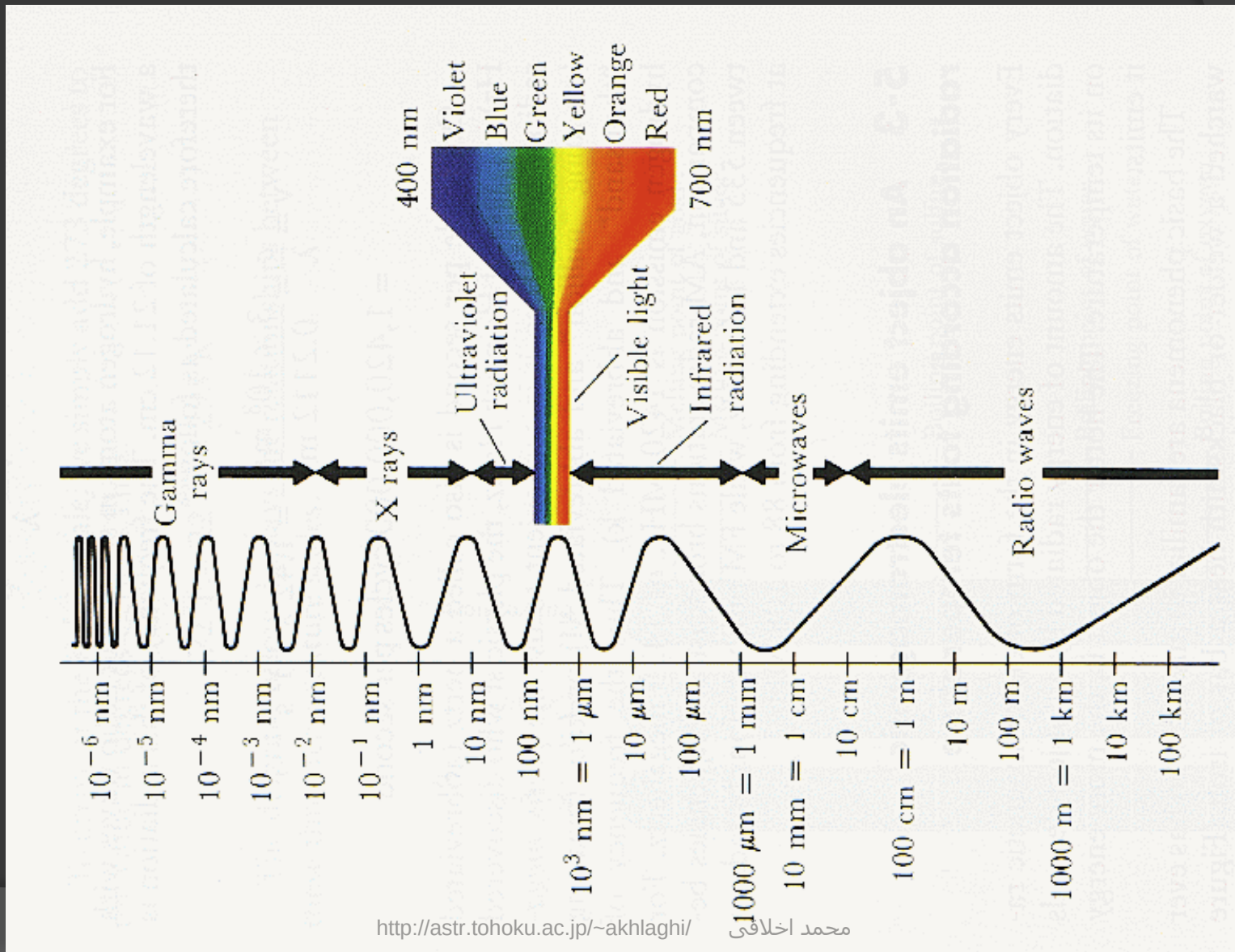
# امواج الکترومغناطیس (نور)

- معادلات ماکسول تمام رفتارهای نور را در محیط پیش‌بینی می‌کنند.
- طبق این معادلات نور از دو قسمت الکتریکی و مغناطیسی تشکیل شده است که عمود بر هم حرکت می‌کنند.

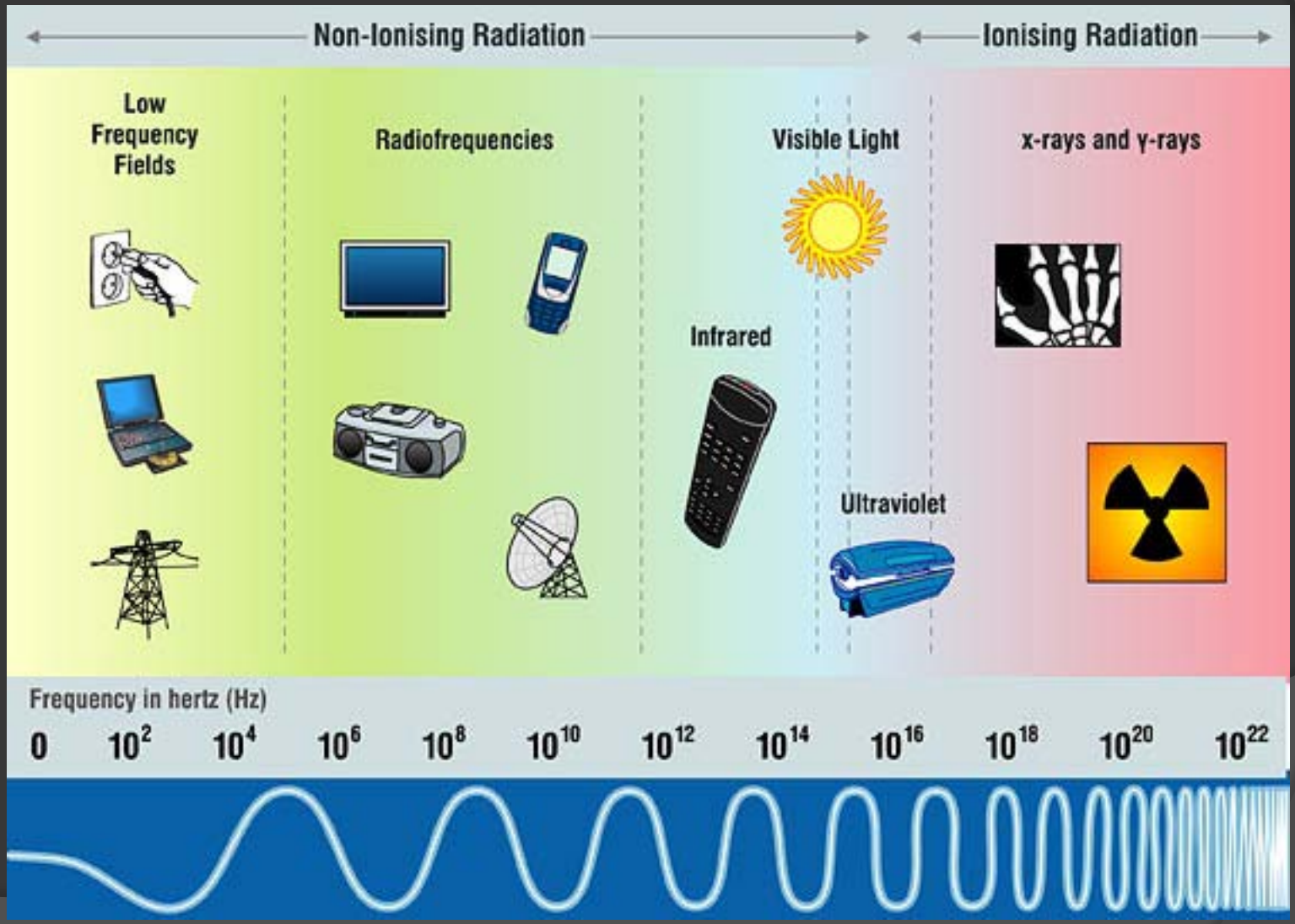


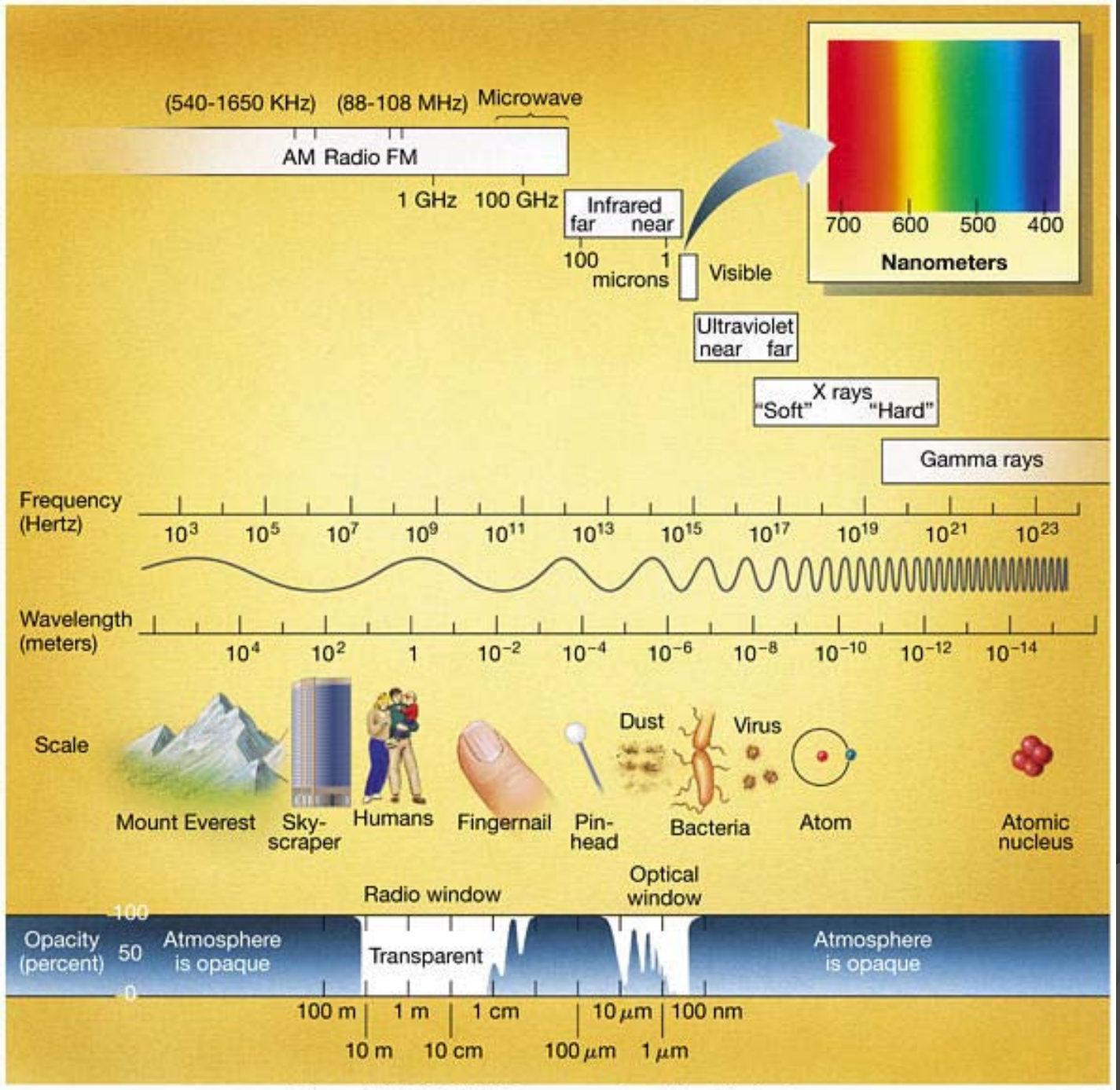



# طیف الکترومغناطیس



# طیف الکترومغناطیس

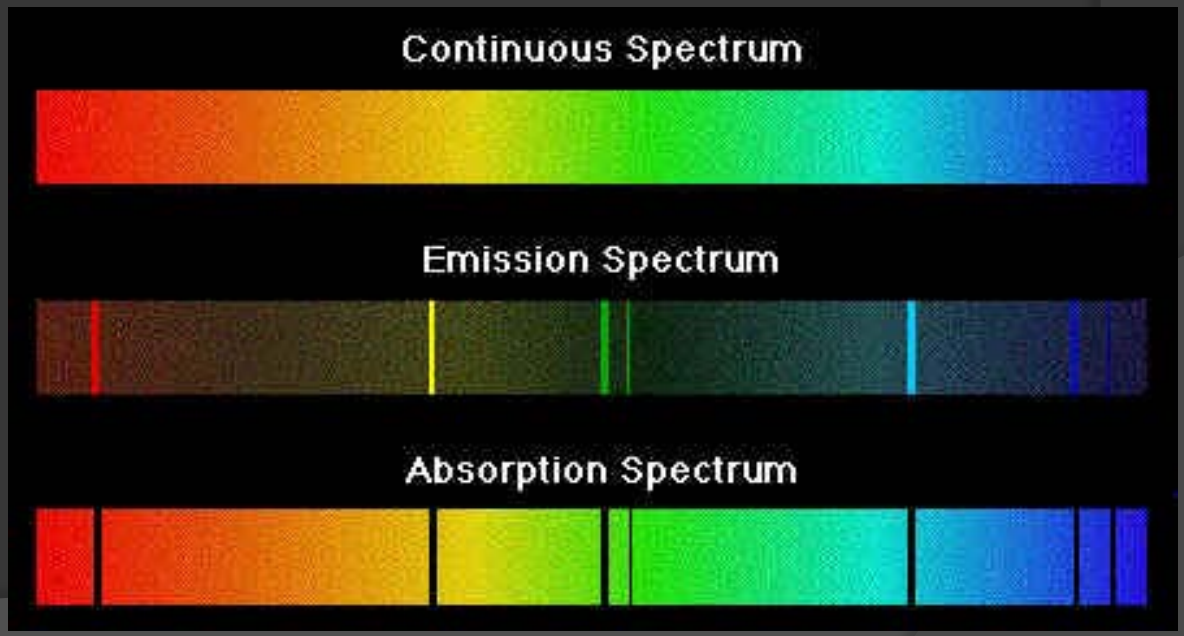


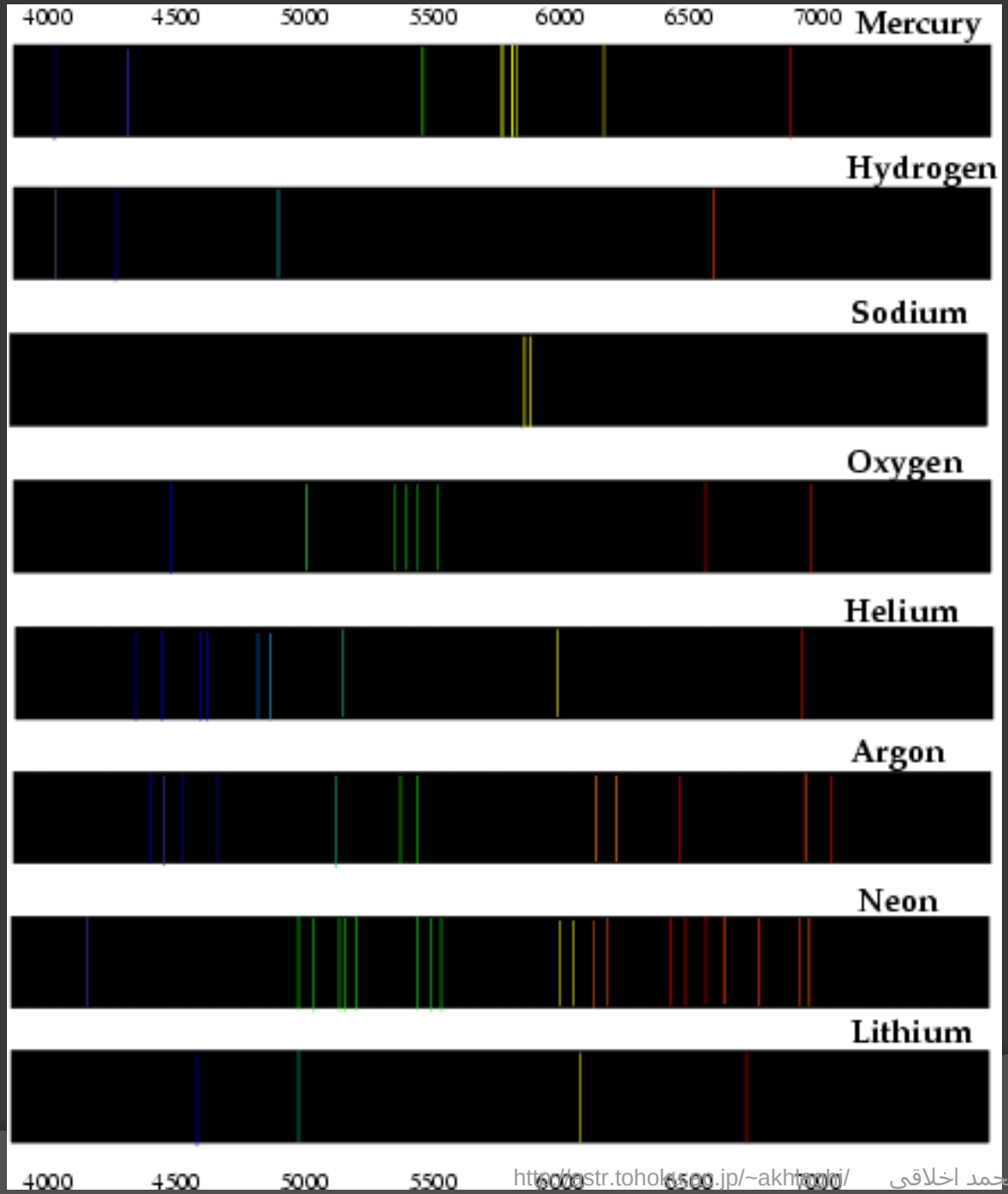



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# خطوط طیفی (علم طیف‌سنجی)

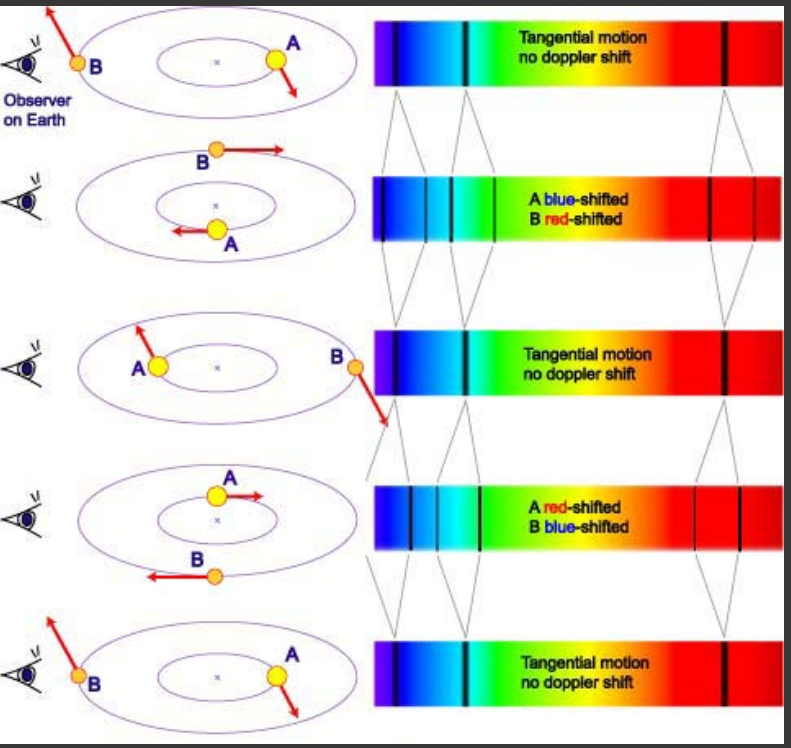
- نیوتون اولین بار در قرن هفدهم با قراردادن یک منشور در راه نور خورشید آن را به اجزاء رنگی (طیف) تقسیم کرد. William Wollaston در سال ۱۸۰۵ با بررسی دقیق‌تر این طیف‌ها دید که خطوطی تاریک در طیف خورشید قرار دارد.
- تا ۱۸۱۴ Joseph Fraunhofer ۴۷۵ خط تیره در طیف خورشید ثبت کرده بود. هنگام ثبت طول موج آنها، فرانهوفر مشاهده کرد که طول موج چند خط سیاه دقیقا طول موج خطوط روشنی است که از نمک هنگامی که در آتش ریخته می‌شود تابش می‌شود.
- با شناخت همین خط تابشی سدیم و اینکه این خطوط همان خطوط سیاه طیف خورشید هستند، علم طیف‌سنجی کشف شد.



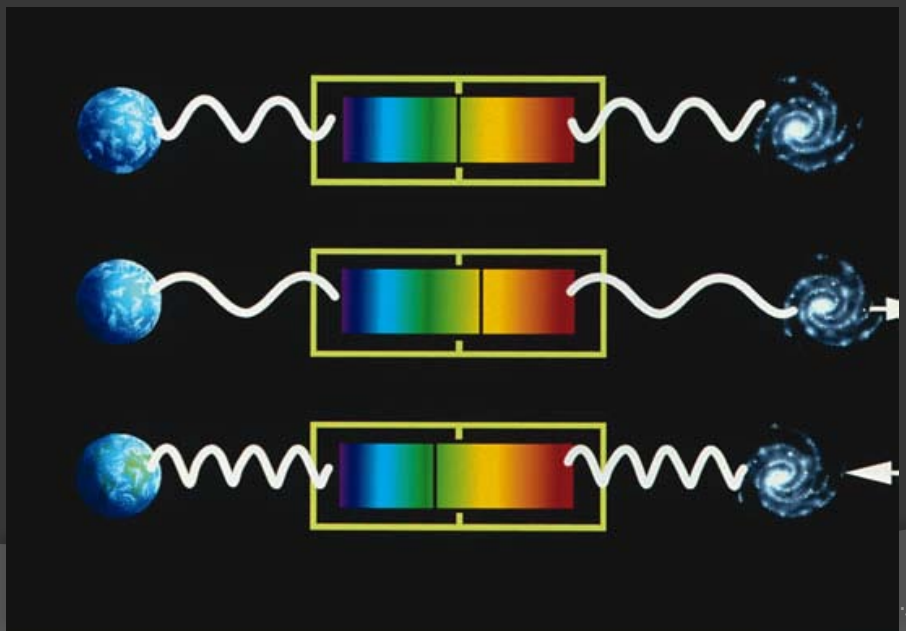

4000
4500
5000
5500
6000
6500
7000
Mercury
Hydrogen
Sodium
Oxygen
Helium
Argon
Neon
Lithium
4000
4500
5000
5500

# طیف نشری

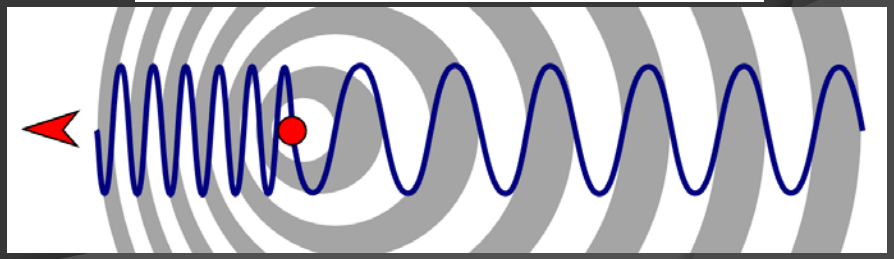
# اثر دوپلر در طیف ستارگان




- یکی از کاربردهای دیگر طیف جذبی ستارگان بدست آوردن سرعت دورشدن یا نزدیک‌شدن آنان نسبت به زمین بدست آورد:

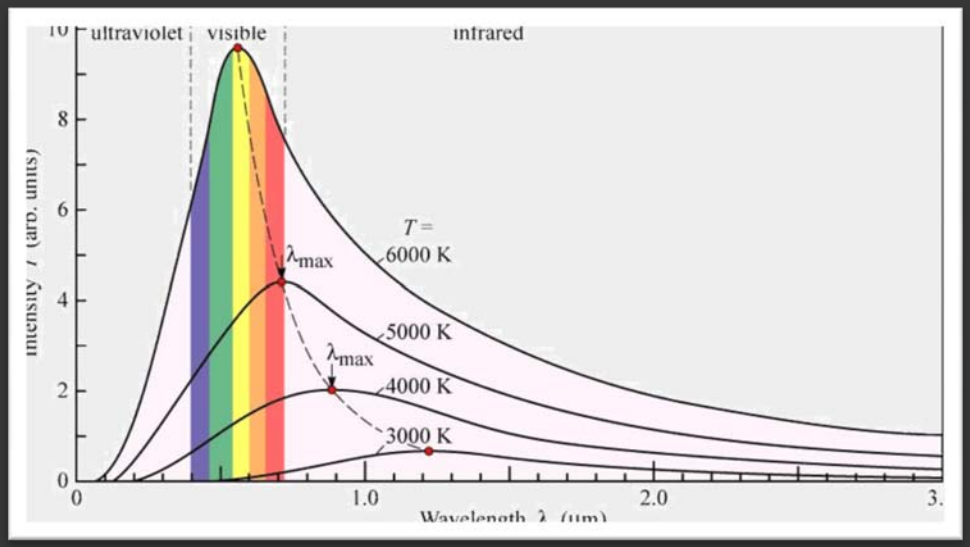


$$f = \left(\frac{v + v_r}{v + v_s}\right) f_0$$



# تابش جسم سیاه

- اگر به صورت‌فلکی جبار نگاه کنید، می‌بینید که اختلاف رنگی شدیدی میان ابط‌الجوزا و رجل‌الجبار وجود دارد. این تفاوت رنگ به دلیل تفاوت در دمای سطحی این دو ستاره است؛ ابط‌الجوزا ۳۴۰۰ کلوین و رجل‌الجبار بیشتر از ۱۰هزار درجه کلوین است.
- ارتباط میان رنگ تابش شده و دمای آن اولین بار توسط Thomas Wedgeworth در سال ۱۷۹۲ کشف شد.

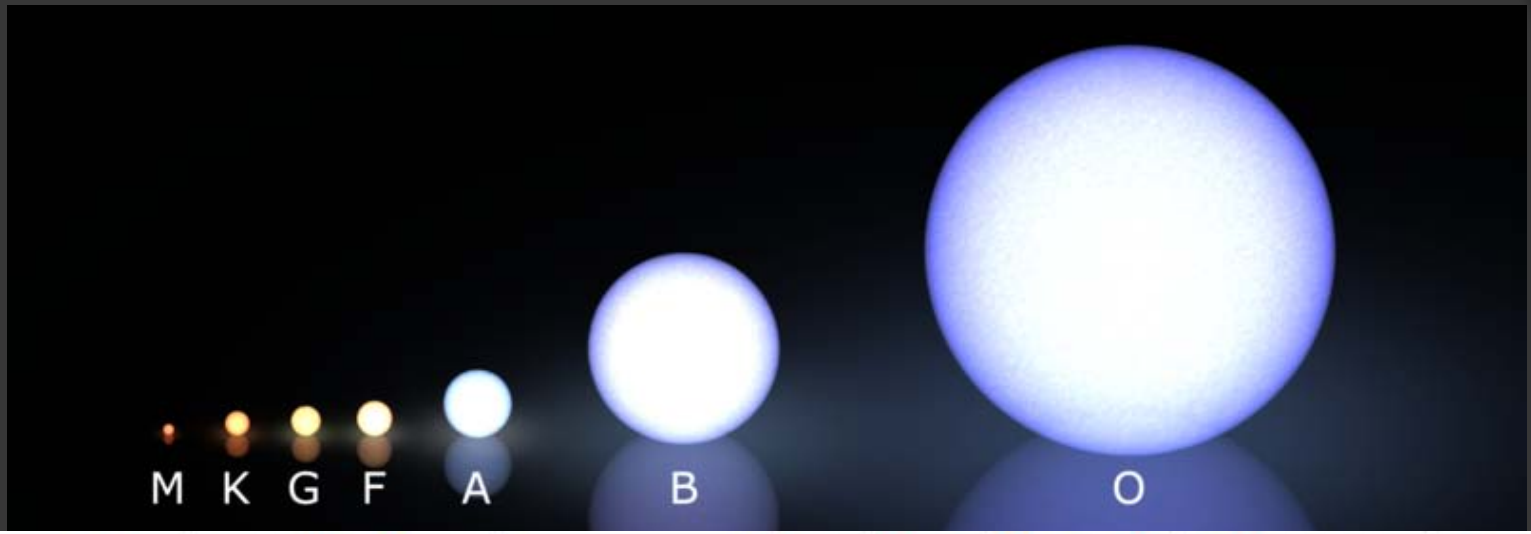



با مشاهدات دقیق بعد از آن توسط دانشمدان دیگر دیده شد که هر جسمی که دمای بیشتر از ۰درجه کلوین دارد، تابشی دارد که می‌توان آن را با نمودار زیر نشان داد.
ویلهلم وین (۱۸۶۴ تا ۱۹۲۸)، توانست نشان بدهد که طول موج تابش شده و دمایی که در آن موج تابش می‌شود رابطه زیر را با هم دارند:

$$\lambda_{max} T = 0.290\ cm \times K$$

# گونه های طیفی ستارگان

- ستاره‌ها بر مبنای دمای سطحی خود، در طول‌موج‌های خاصی شدت بیشتری خواهند داشت (تابش جسم سیاه). بر همین مبنا ستاره‌ها به گونه‌های طیفی زیر تقسیم می‌شوند:




| Class | Temperature | Conventional color | Apparent color[3] | Mass | Radius | Luminosity | Hydrogen lines | % of all MSSs[4] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O | 30,000–60,000 K | blue | blue | 60 | 15 | 1,400,000 | Weak | ~0.00003% |
| B | 10,000–30,000 K | blue white | blue white to white | 18 | 7 | 20,000 | Medium | 0.13% |
| A | 7,500–10,000 K | white | white | 3.1 | 2.1 | 80 | Strong | 0.6% |
| F | 6,000–7,500 K | yellowish white | white | 1.7 | 1.3 | 6 | Medium | 3% |
| G | 5,000–6,000 K | yellow | yellow | 1.1 | 1.1 | 1.2 | Weak | 8% |
| K | 3,500–5,000 K | orange | yellow orange | 0.8 | 0.9 | 0.4 | Very weak | 13% |
| M | 2,000–3,500 K | red | orange red | 0.3 | 0.4 | 0.04 | Very weak | >78% |

به نام آنکه جان را فکرت آموخت
چو قاف قدرتش دم بر قلم زد

چراغ دل ز نور جان بر افروخت
هزاران نقش بر لوح عدم زد

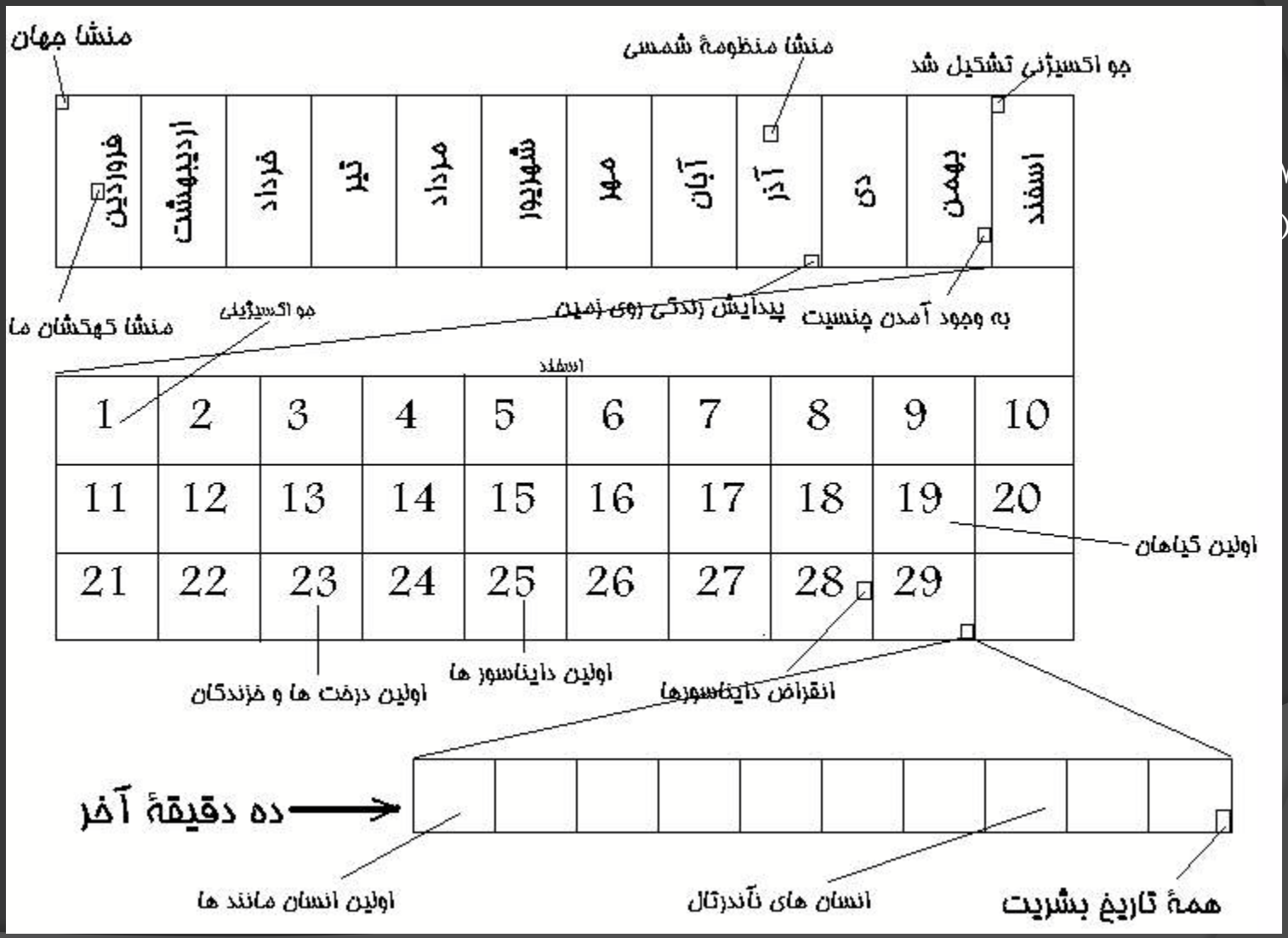
# تکامل ستاره ای (قسمت اول؛ تولد ستارگان)

مقیاس زمانی جهان
نمودار هرتزبرانگ-راسل
فضای بین ستاره‌ای
پیش ستاره‌ها
ستاره‌های اولیه
ستاره‌های رشتهٔ اصلی

# گذری بر مقیاس زمانی جهان

سال

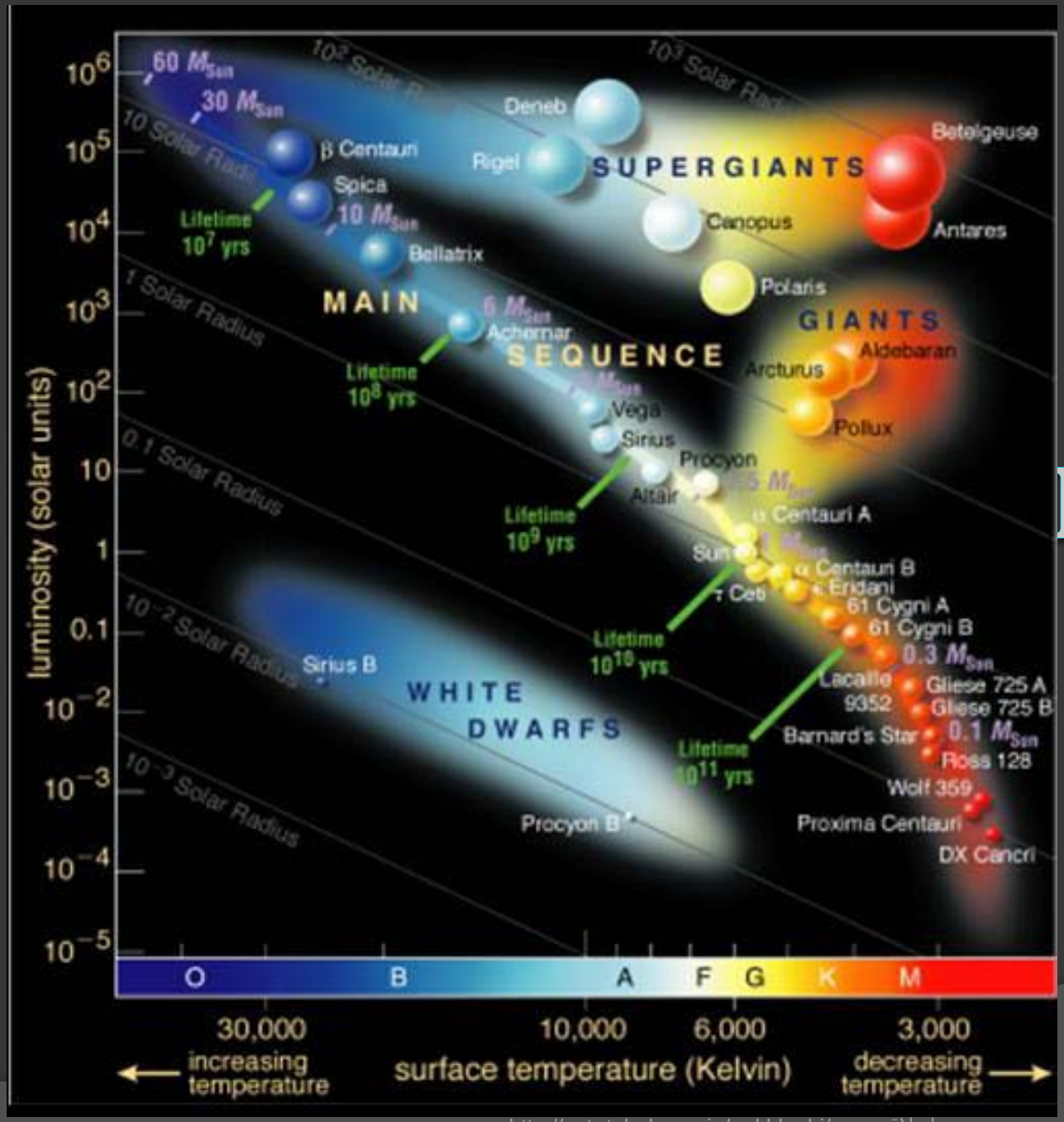
اگر ما هر ۷
خواهد شد(

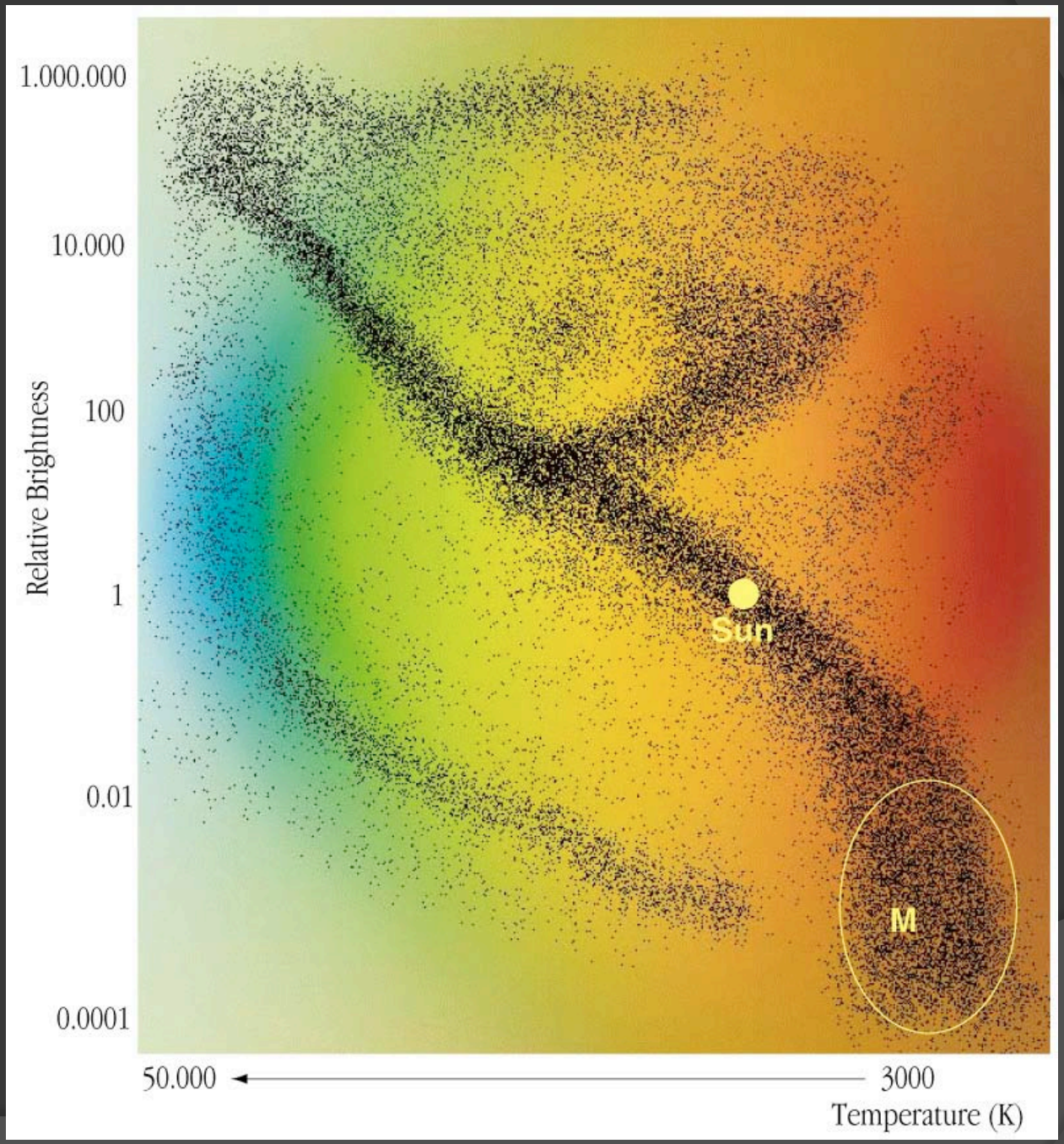


# نمودار هرتزبرانگ–راسل (HR)

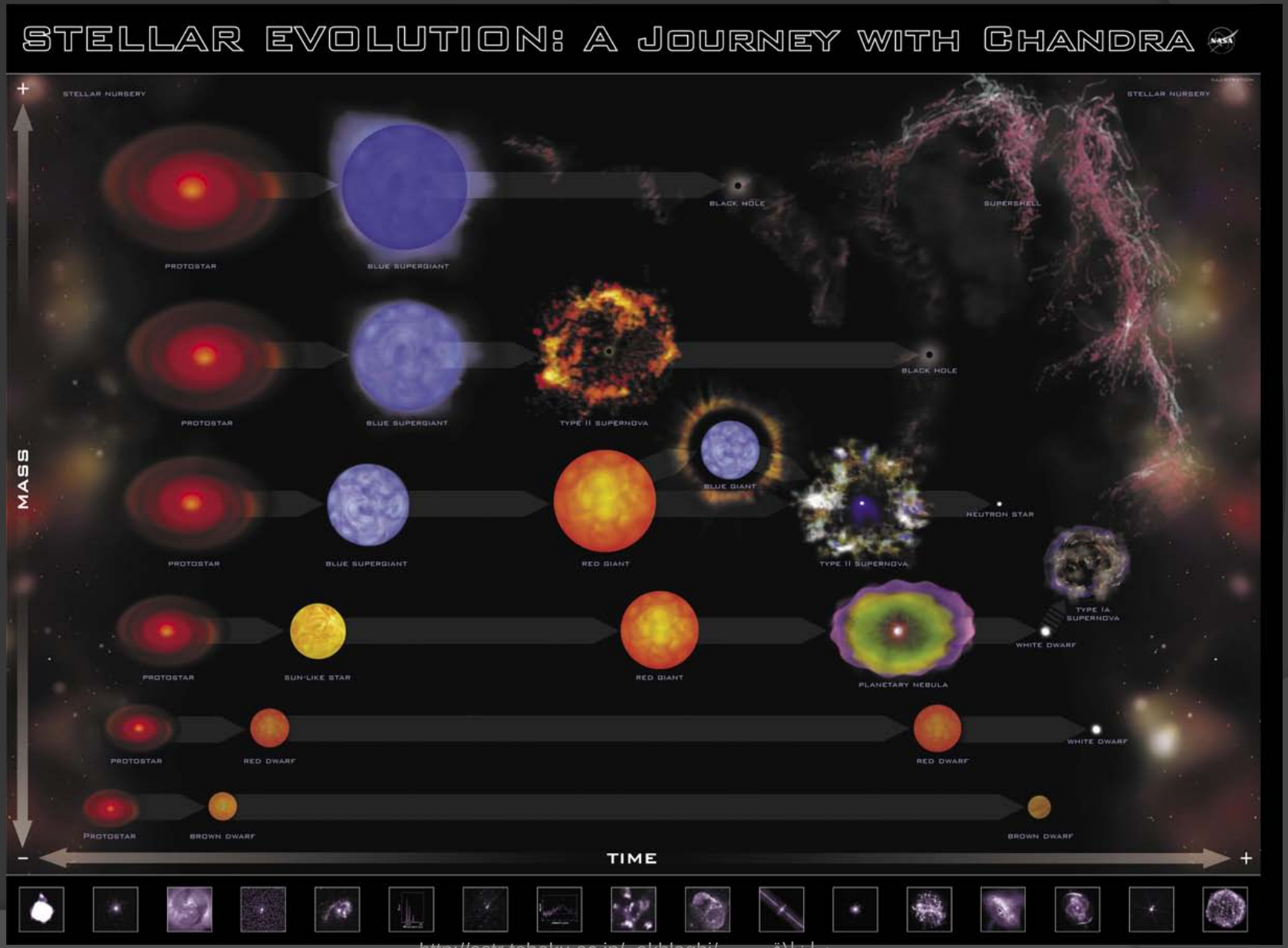
- با اتمام قرن نوزدهم، منجمان داده‌های خوبی از قدر ظاهری، گونه طیفی، فاصله، سرعت زاویه‌ای و ... داشتند، اما تفسیر فیزیکی این جداول عظیم هنوز کار سختی بود.
- اجنار هرتزبرانگ (منجم و شیمی‌دان دانمارکی) و هنری راسل (منجم آمریکایی) با بدست آوردن قدر مطلق (یا درخشندگی) ستارگان و مقایسه‌ی آن را گونه طیفی (یا دمای سطحی) آنها، اولین تحلیل فیزیکی-توصیفی از تکامل این نقاط درخشان را در سال ۱۹۱۰ ارائه دادند.
- آنها دیدند که اکثر ستاره‌های آبی رنگ (که دمای بیشتری دارند) قدر مطلق بیشتری نیز دارند و ستاره‌های قرمز رنگ قدر مطلق کمتری دارند. بیشتر ستاره‌ها روی همین رشته اصلی قرار می‌گرفتند.
- اما تعدادی از ستاره‌ها خیلی جدا بودند و در ضلع‌های مخالف نمودار قرار داشتند.
- این نمودار به منجمان ابزاری برای سنجش و شناخت فیزیکی‌تر ستاره‌ها داد.

# نمودار HR


luminosity (solar units)
$10^6$
$10^5$
$10^4$
$10^3$
$10^2$
10
1
0.1
$10^{-2}$
$10^{-3}$
$10^{-4}$
$10^{-5}$
60 $M_{Sun}$
30 $M_{Sun}$
10 $M_{Sun}$
6 $M_{Sun}$
3 $M_{Sun}$
1 $M_{Sun}$
0.3 $M_{Sun}$
0.1 $M_{Sun}$
$10^3$ Solar Radius
10 Solar Radius
1 Solar Radius
0.1 Solar Radius
$10^{-2}$ Solar Radius
$10^{-3}$ Solar Radius
Deneb
Rigel
SUPERGIANTS
Betelgeuse
β Centauri
Spica
Lifetime $10^7$ yrs
Canopus
Antares
Bellatrix
Polaris
MAIN
SEQUENCE
GIANTS
Achernar
Lifetime $10^8$ yrs
Aldebaran
Arcturus
Vega
Pollux
Sirius
Procyon
Altair
Lifetime $10^9$ yrs
α Centauri A
Sun
α Centauri B
ε Eridani
τ Ceti
61 Cygni A
61 Cygni B
Lifetime $10^{10}$ yrs
Sirius B
WHITE
DWARFS
Lacaille 9352
Gliese 725 A
Gliese 725 B
Barnard's Star
Ross 128
Lifetime $10^{11}$ yrs
Wolf 359
Procyon B
Proxima Centauri
DX Cancri
O
B
A
F
G
K
M
30,000
increasing temperature
10,000
6,000
surface temperature (Kelvin)
3,000
decreasing temperature


1.000.000
10.000
100
1
0.01
0.0001
Relative Brightness
Sun
M
50.000
3000
Temperature (K)

# تکامل ستاره ای

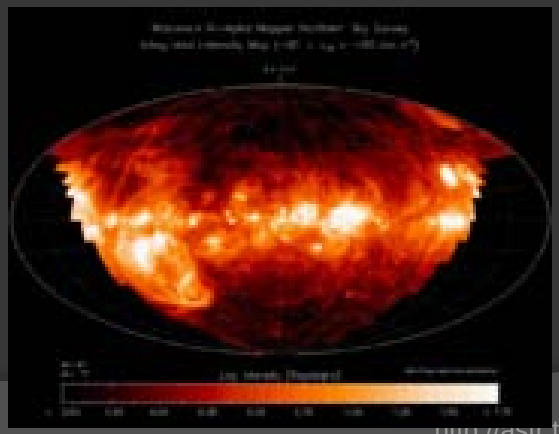


# تحول شناخت فضای میان‌ستاره‌ای

- تا قبل از قرن بیستم اعتقاد همه بر این بود که فضای میان‌ستاره‌ای را حالتی از ماده به نام اتر پوشانده است که نور در آن منتشر می‌شود.
- در ۱۹۰۴ Johannes Hartmann، هنگام مطالعه طیف دلتا جبار مشاهده کرد که قسمتی از طیف ستاره در فاصله‌ی میان ستاره و زمین جذب شده است.
- بعد از هارتمن، دانشمندان زیادی به دنبال چنین خطوط جذب شده گشتند تا اینکه ادوارد پیکرنیگ در ۱۹۱۲ نوشت: با وجودی که این ماده جذب کننده ممکن است اتر باشد، اما خصوصیات جذبی آن بیشتر به گاز می‌ماند و ملکول‌های گازی آزاد حتما در آن وجود دارند.
- در همان سال ویکتور هس (۱۸۸۳ تا ۱۹۶۴ میلادی)، وجود پرتوهای کیهانی را در لایه‌های بالایی جو آشکار کرد و جامعه منجمین قبول کردند که فضای میان‌ستاره‌ای نه خلاء است و نه اتر.

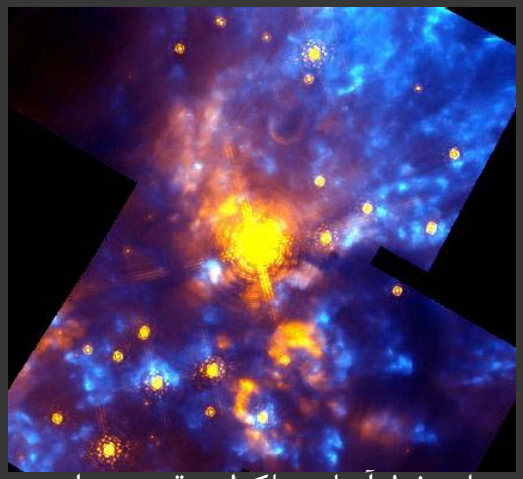
# فضای میان ستاره‌ای

- فضای میان‌ستاره‌ای مخلوطی از یون‌ها، اتم‌ها، ملکول‌ها، ذرات خاکی و تابش‌های کیهانی است، حدود ۹۹درصد آن گاز است و ۱ درصد خاک.
- چگالی متوسط ذرات در محیط میان‌ستاره‌ای در کهکشان راه شیری حدود چند میلیون ذره در هر متر مکعب است.
- ستاره‌ها در چگال‌ترین بخش‌های محیط میان‌ستاره‌ای به دنیا می‌آیند؛ ابرهای ملکولی.
- بعد از تشکیل ستاره‌ها با بادهای ستاره‌ای، سحابی‌های سیاره‌نما و ابرنواختر این فضا را دوباره تغذیه می‌کنند.



# ابرهای ملکولی

- ابرهای ملکولی ابرهایی در فضای میان‌ستاره‌ای هستند که به اندازه‌ای جرم دارند که ملکول بتواند در آن تشکیل شود؛ بیشترین ملکول $H_2$ است.
- در راه‌شیری، کمتر از یک درصد حجم را ابرهای ملکولی گرفته‌اند، اما تقریبا نصف مواد میان‌ستاره‌ای در آنها قرار دارد.
- ابرهای ملکولی به دو نوع ابرهای غول‌آسا و ابرهای کوچک (گلبول‌های بوک) تقسیم می‌شوند.
- ابرهای غول‌آسا تا چندصد پارسک عریض هستند و بعضی اوقات تا یک میلیون برابر خورشید جرم دارند.



ابر های غول‌آسای ملکولی: قسمتی از سحابی جبار که ستاره های جدید در حال تولد هستند. هر نقطهٔ زرد نشان دهندهٔ یک محدوده است.

# ابرهای غول‌آسای مولکولی

- یک مثال از ابرهای غول‌آسای ملکولی، مجموعه ابر ملکولی جبار است که حدود ۱۶۰۰ سال نوری از ما فاصله دارد و چند صد سال نوری قطر آن است، سحابی جبار جزئی از این مجموعه بزرگ و وسیع است.
- سحابی جبار، نزدیک‌ترین مجموعه‌ی ستاره‌ای در حال تشکیل به زمین است (حدود ۱۴۰۰ سال نوری فاصله دارد و ۲۴سال نوری قطر آن است).

# گلبول‌های بوک

- گلبول‌های بوک عموما بین ۲ تا ۵۰ برابر جرم خورشید جرم دارند و قطر آنها حدود یک سال نوری است.
- بارت بوک در سال ۱۹۴۰ آنها را کشف کرد و اعتقاد داشت که ابرهایی هستند که به دلیل گرانش در حال تبدیل به ستاره هستند، اما این بحث او تا ۱۹۹۰ اثبات نشده ماند.
- گلبول‌های بوک از ناشناخته‌ترین اجزاء محیط میان‌ستاره‌ای هستند.
- بعضی از آنها تا دمای ۸درجه کلوین سرد هستند که می‌توان آنها را سردترین منطقه‌ی کیهان دانست.

گلبول های بوک: لکه های سیاه تکه گاز های بین پشت زمینه و ما هستند که از محیط های تشکیل ستاره می باشند.

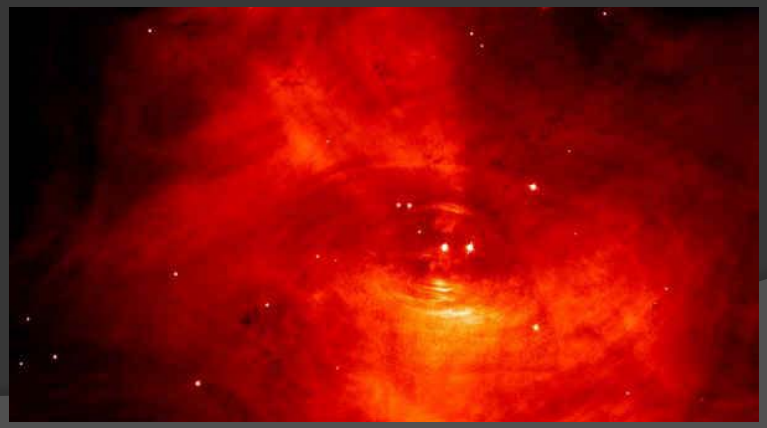
# متراکم شدن گاز های بین ستاره ای

برای متراکم شدن گرانشی ستاره جرم ابر گازی یا ملکولی باید بیشتر از جرم جیینز باشد: $M_j$

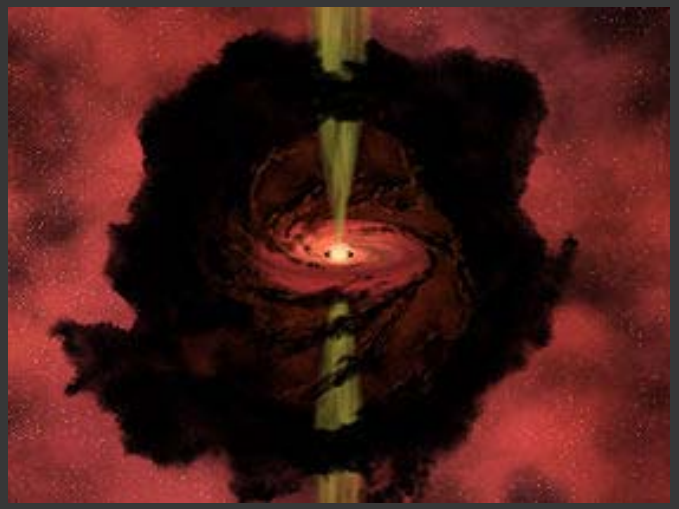
$$M_j = \frac{9}{4} \times \left(\frac{1}{2\pi n}\right)^{\frac{1}{2}} \times \frac{1}{m^2} \times \left(\frac{kT}{G}\right)^{\frac{3}{2}}$$

در یک ابر عادی با دمای ۵۰ کلوین، با ۵۰۰ ذره در هر سانتیمتر مکعب، جرم جیینز ۱۵۰۰ برابر جرم خورشید خواهد بود.

بیایید به یک ابر چگال تر نگاه کنیم، با دمای ۱۵۰ کلوین و صد میلیون ذره در هر سانتیمتر مکعب، آنگاه جرم جیینز ۱۷ برابر جرم خورشید خواهد بود.

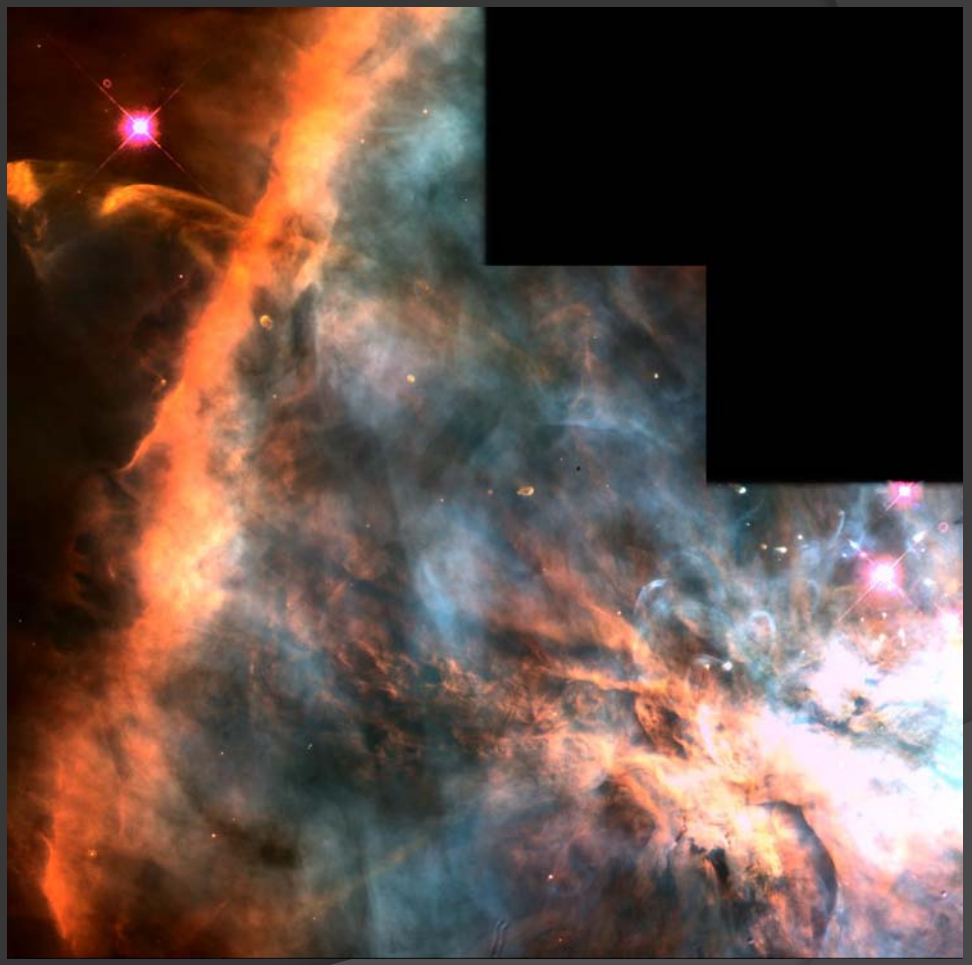


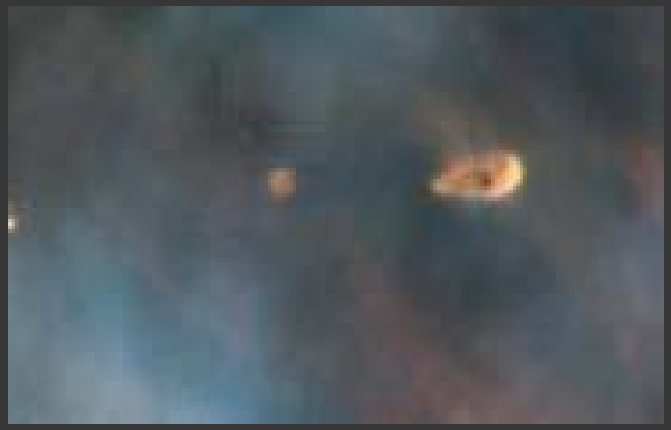
# پیش‌ستاره (Protostar)



- در حالی که ابر فشرده‌تر می‌شود، دمای آن بالاتر می‌رود.
- هنگامی که دما به ۲۰۰۰درجه کلوین برسد، ملکول‌های هیدروژن شکسته می‌شوند
- هنگامی که چگالی به $10^{-8}$ ذره بر سانتیمتر مکعب برسد، انرژی تابشی به راحتی با همرفتی به سطح می‌رسد و با تابش از سطح خارج می‌شود.
- این ابر تا زمانی پیش‌ستاره نامیده می‌شود که مواد در حال سقوط، یا چرخش به سمت مرکز آن باشند
- کاهش حجم تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که تعادل ترمودینامیکی میان کشش گرانشی و انرژی حرارتی ایجاد شود.
- در صورتی که با ابر ملکولی غول‌آسا مواجه باشیم، کل ابر یک ستاره تولید نمی‌کند، بلکه یک خوشه‌ی ستاره‌ای در آن منطقه ایجاد می‌شود.
- کمتر از یک میلیون سال طول می‌کشد تا این اتفاقات کامل شوند.

# توده های گازی فشردهٔ اولیه



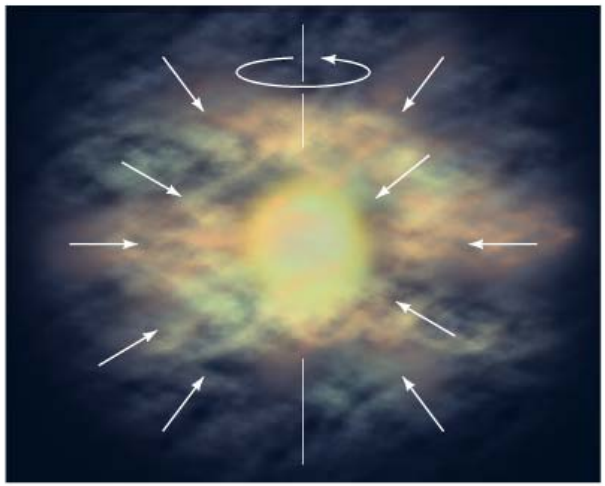


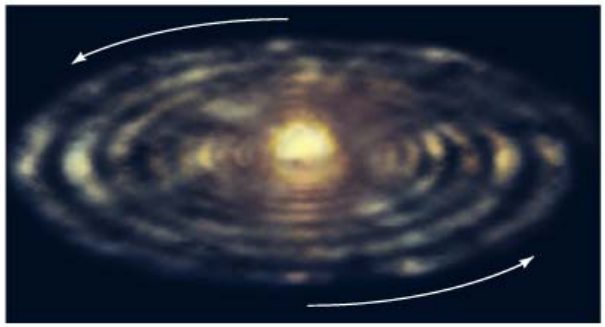
# توده های گازی فشردهٔ اولیه

قسمتی از سحابی عقاب؛ ستون های آفرینش

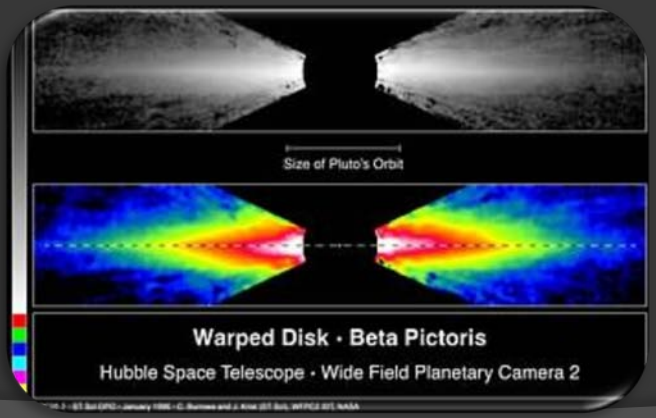
# دیسک‌های برافزایشی

- آخرین مرحله تجمع مواد در ستاره دیسک برافزایشی اطراف ستاره است که مواد را فشرده و فشرده می‌کند تا وارد ستاره شوند.
- عموما در این مرحله تحت فشار و دمای زیاد درونی همجوشی دوتریوم به آهستگی درون ستاره شروع می‌شود.

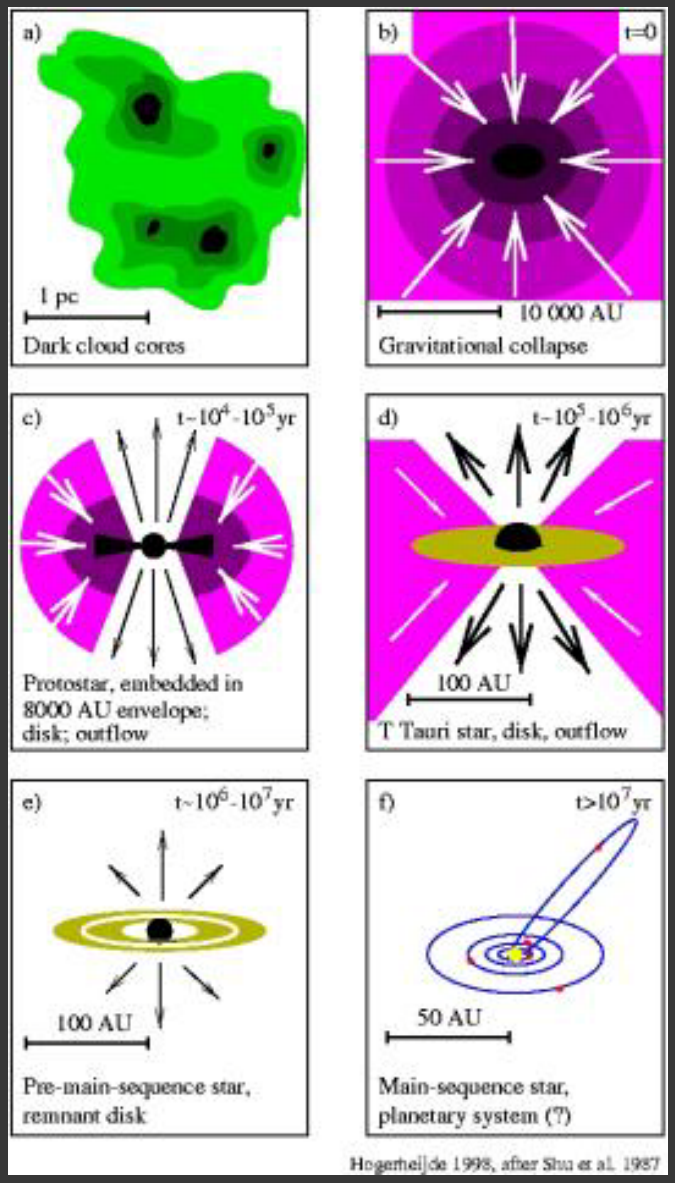


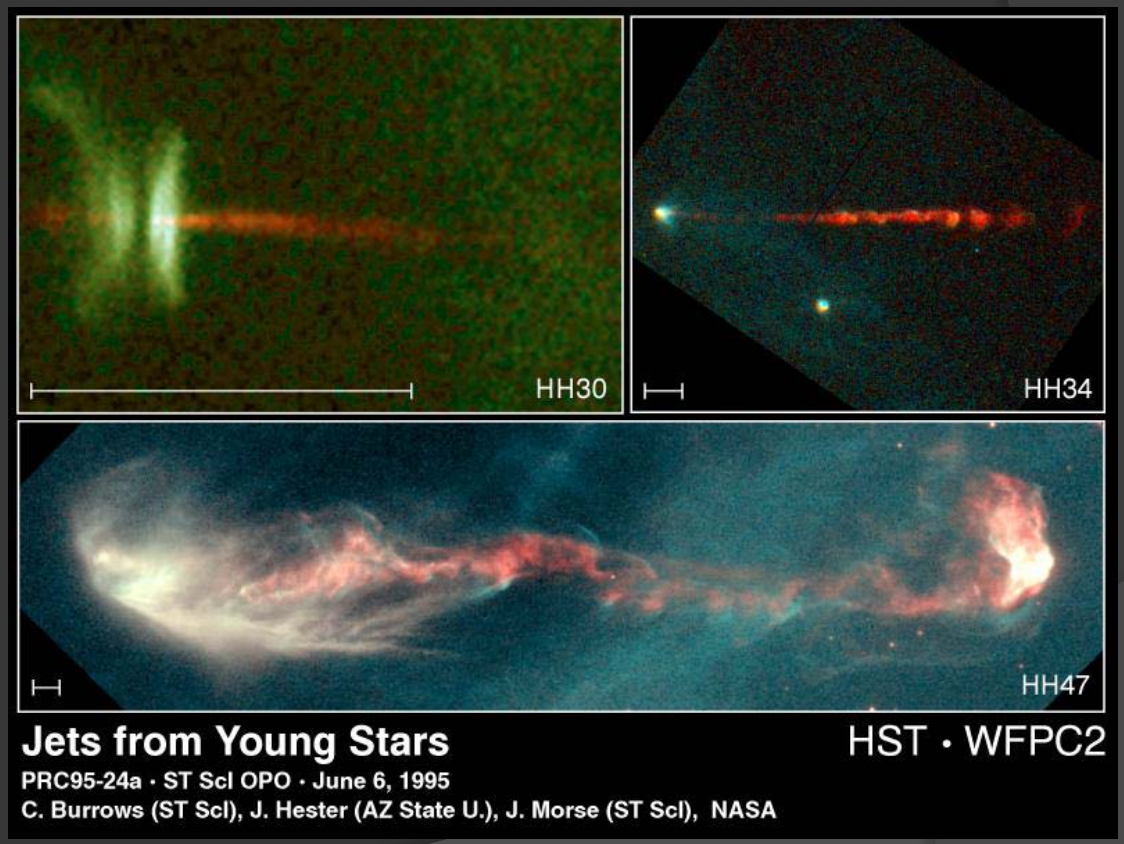


Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.



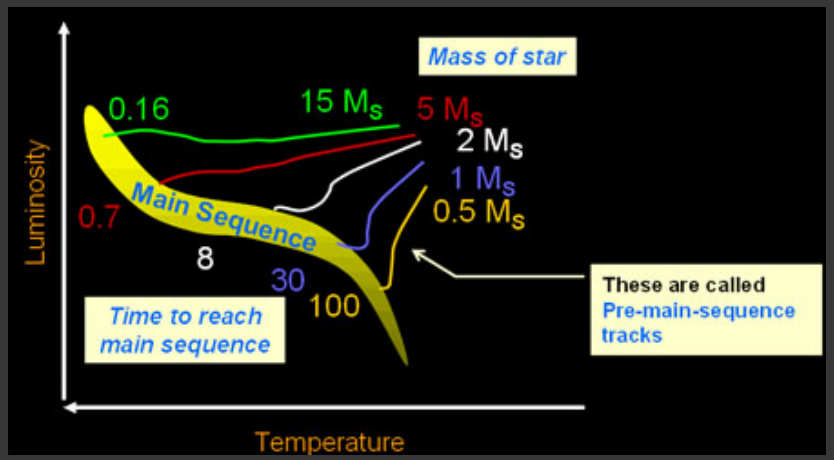
# چند عکس دیگر از پیش‌ستاره

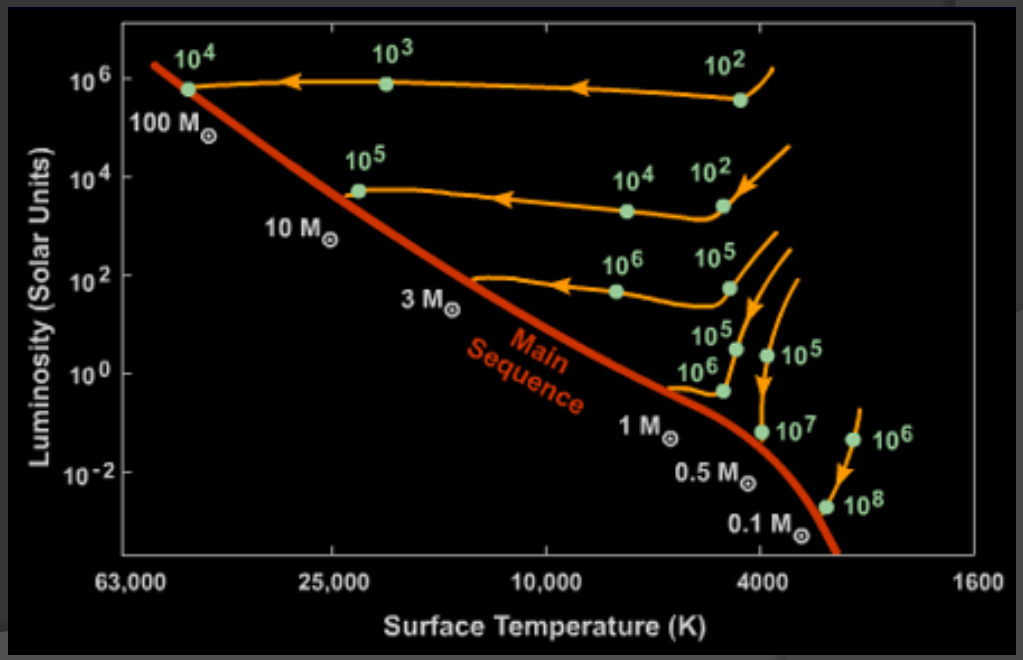


# پیش از ورود به رشته اصلی

- بسته به جرم پیش‌ستاره، مسیر تحولی ستاره متفاوت خواهد بود.
- همجوشی هسته‌ای هنوز به عنوان اصلی‌ترین منبع انرژی ستاره در نیامده است و هنوز اصلی‌ترین منبع گرما، کاهش حجم ستاره است.



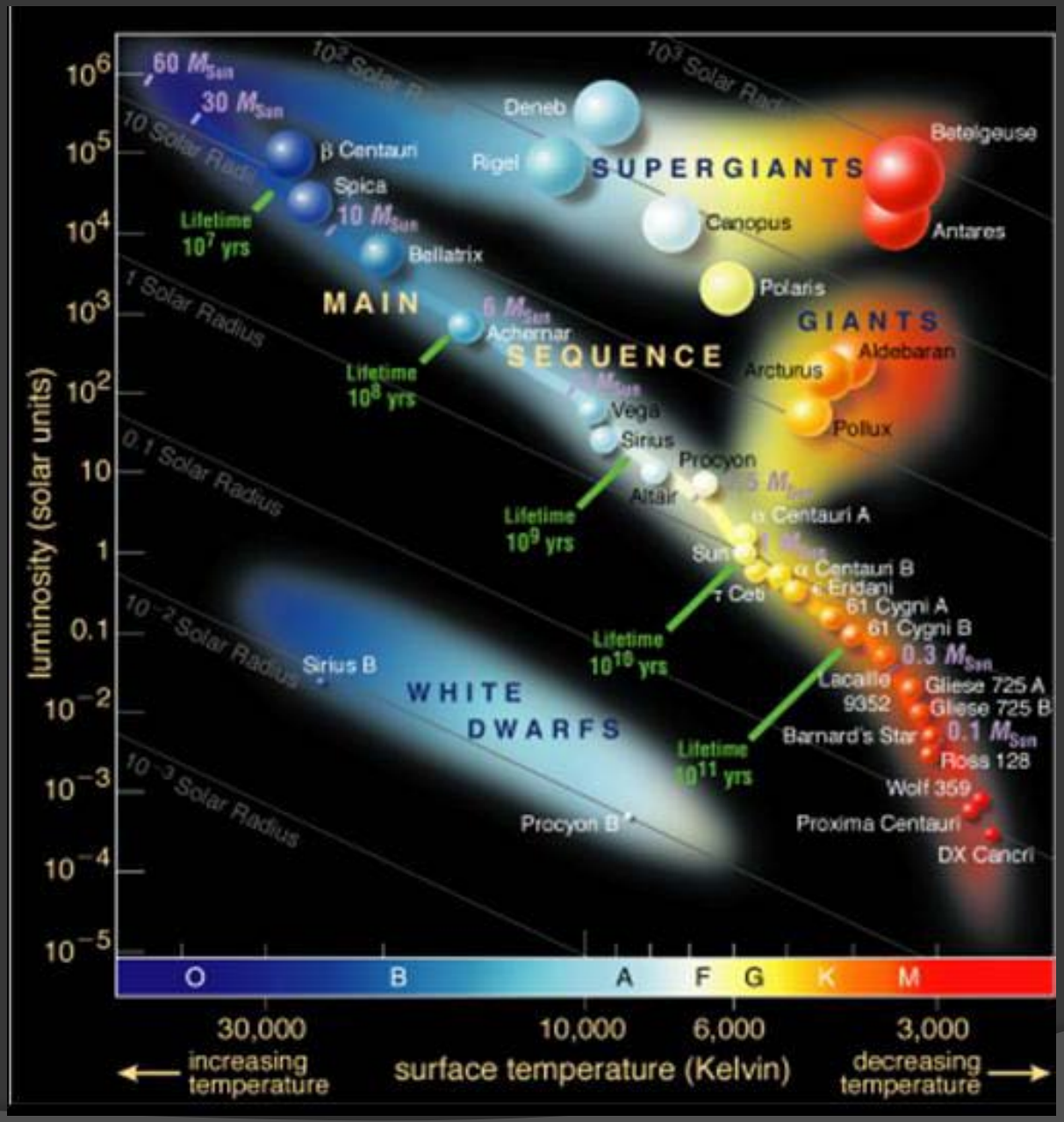



به نام آنکه جان را فکرت آموخت
چو قاف قدرتش دم بر قلم زد

چراغ دل ز نور جان بر افروخت
هزاران نقش بر لوح عدم زد

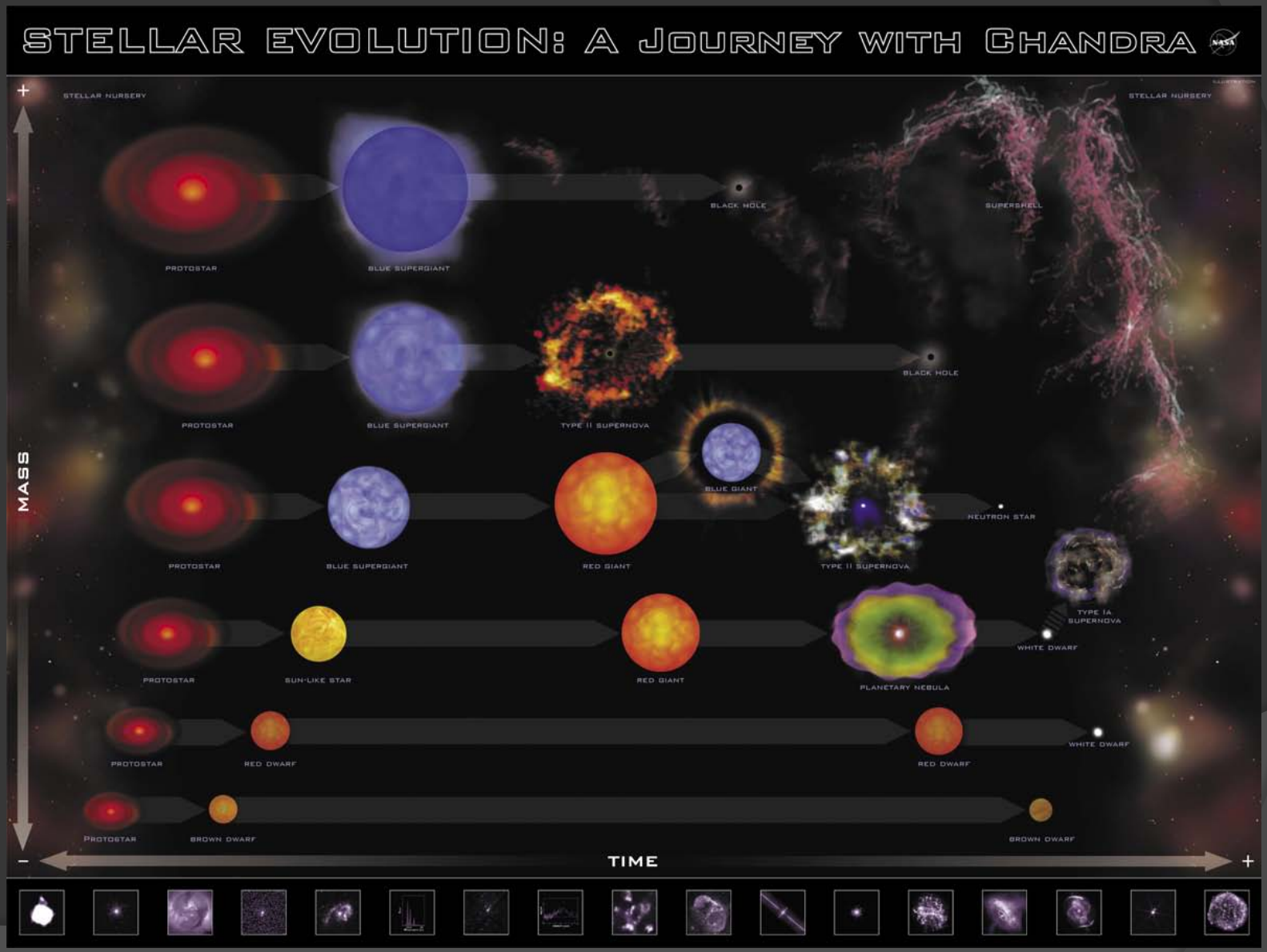
# تکامل ستارگان (قسمت دوم؛ زندگی و مرگ ستارگان)

- فرایندهای هسته ای درون ستاره
- لایه های درونی ستارگان رشتهٔ اصلی
- مراحل سوختن عناصر دیگر
- ستارگان تا جرم ۸ برابر خورشید
- ستارگان سنگین تر
- کوتوله های سفید
- ستاره های نوترونی
- سیاه چاله ها

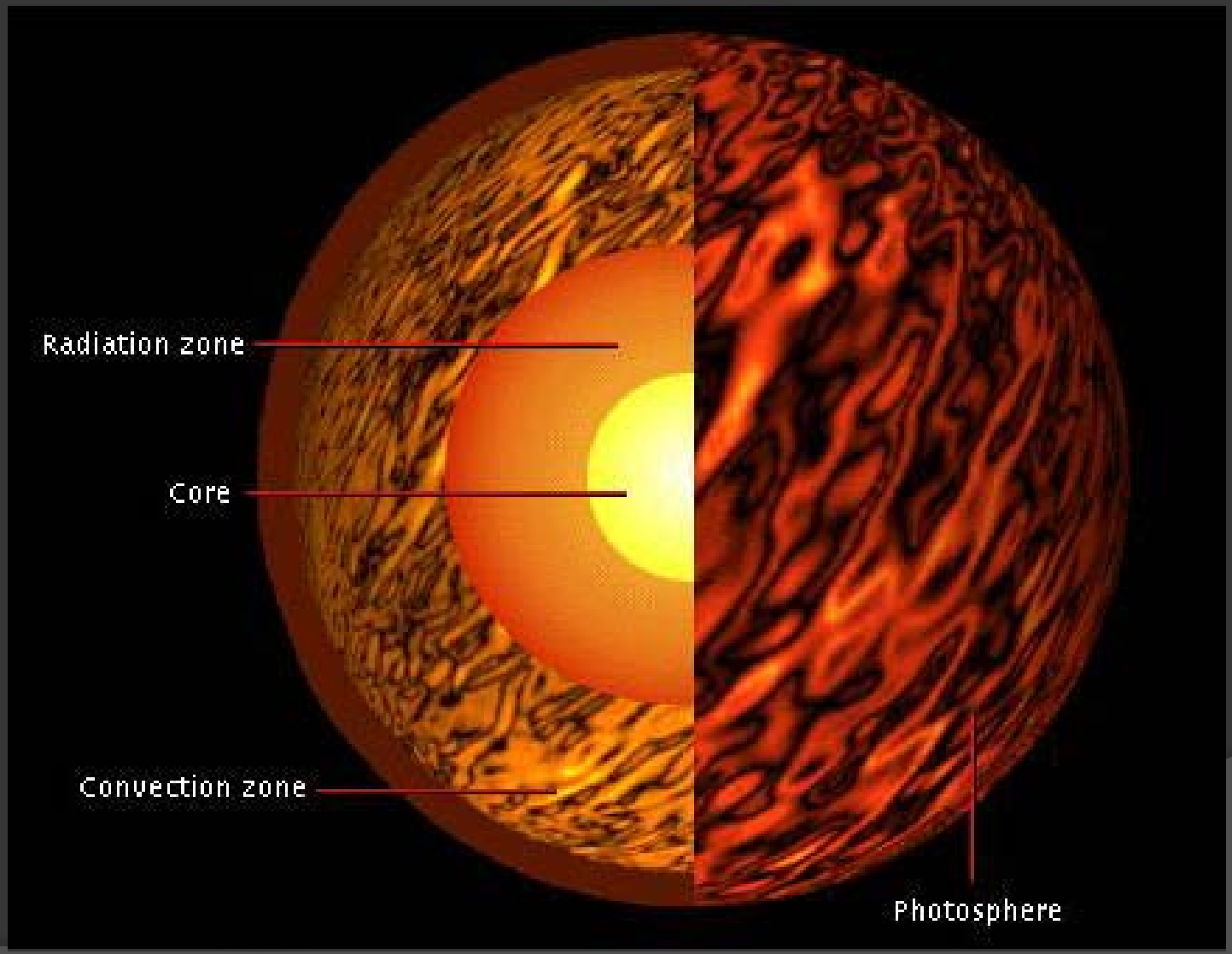

luminosity (solar units)
$10^6$
$10^5$
$10^4$
$10^3$
$10^2$
10
1
0.1
$10^{-2}$
$10^{-3}$
$10^{-4}$
$10^{-5}$
60 $M_{Sun}$
30 $M_{Sun}$
10 $M_{Sun}$
6 $M_{Sun}$
3 $M_{Sun}$
1 $M_{Sun}$
0.3 $M_{Sun}$
0.1 $M_{Sun}$
$10^2$ Solar Radius
$10^3$ Solar Radius
10 Solar Radius
1 Solar Radius
0.1 Solar Radius
$10^{-2}$ Solar Radius
$10^{-3}$ Solar Radius
Deneb
Rigel
Betelgeuse
β Centauri
Spica
Canopus
Antares
Bellatrix
Polaris
Achernar
Aldebaran
Arcturus
Vega
Pollux
Sirius
Procyon
Altair
α Centauri A
Sun
α Centauri B
ε Eridani
τ Ceti
61 Cygni A
61 Cygni B
Lacaille 9352
Gliese 725 A
Gliese 725 B
Barnard's Star
Ross 128
Wolf 359
Proxima Centauri
DX Cancri
Sirius B
Procyon B
SUPERGIANTS
MAIN SEQUENCE
GIANTS
WHITE DWARFS
Lifetime $10^7$ yrs
Lifetime $10^8$ yrs
Lifetime $10^9$ yrs
Lifetime $10^{10}$ yrs
Lifetime $10^{11}$ yrs
O
B
A
F
G
K
M
30,000
10,000
6,000
3,000
increasing temperature
surface temperature (Kelvin)
decreasing temperature

# نمودار HR

# تکامل ستاره ای

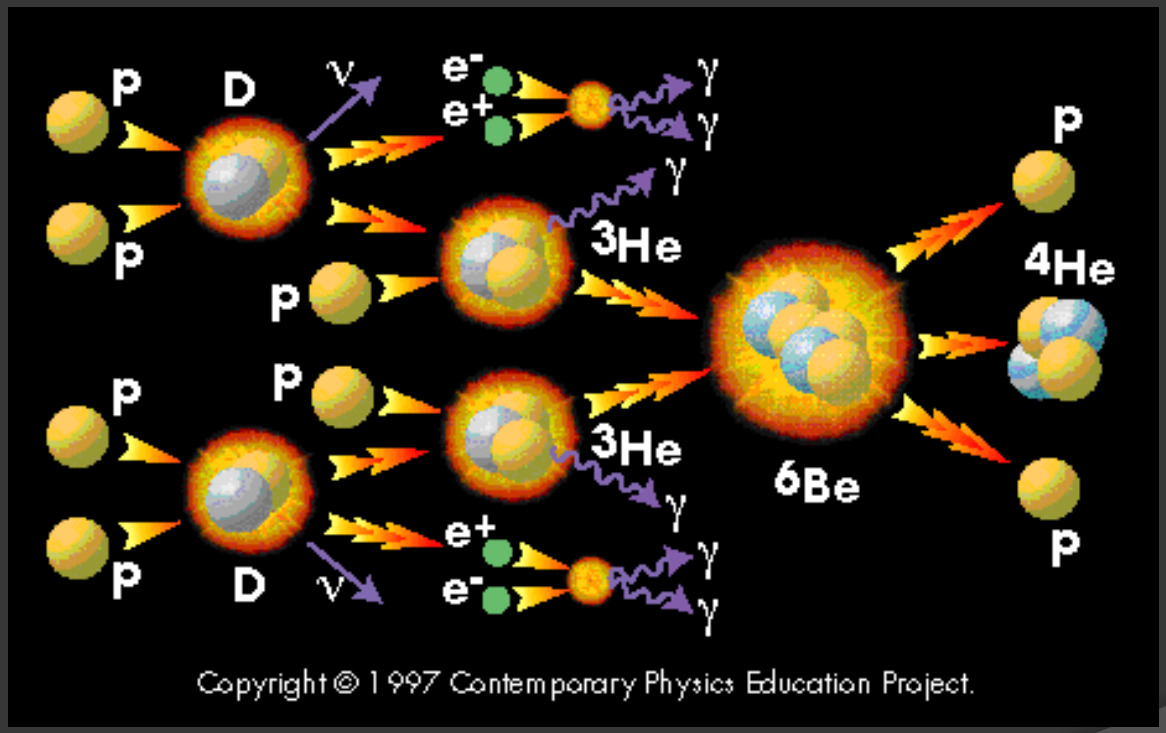


# ساختار داخلی ستاره



# همجوشی هیدروژن درون ستاره

- بیشترین همجوشی به روش چرخهٔ PPI انجام می شود:

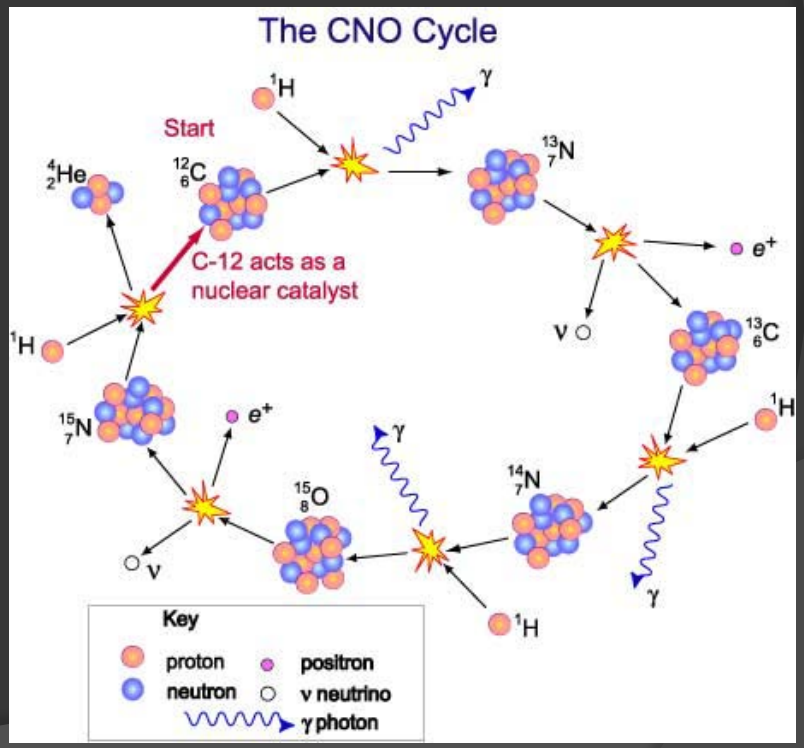



چرخه های PP2 و PP3 نیز وجود دارند که کمی پیچیده تر هستند ولی در نهایت آنها هم از چند اتم هیدروژن اتم هلیوم را می دهند.

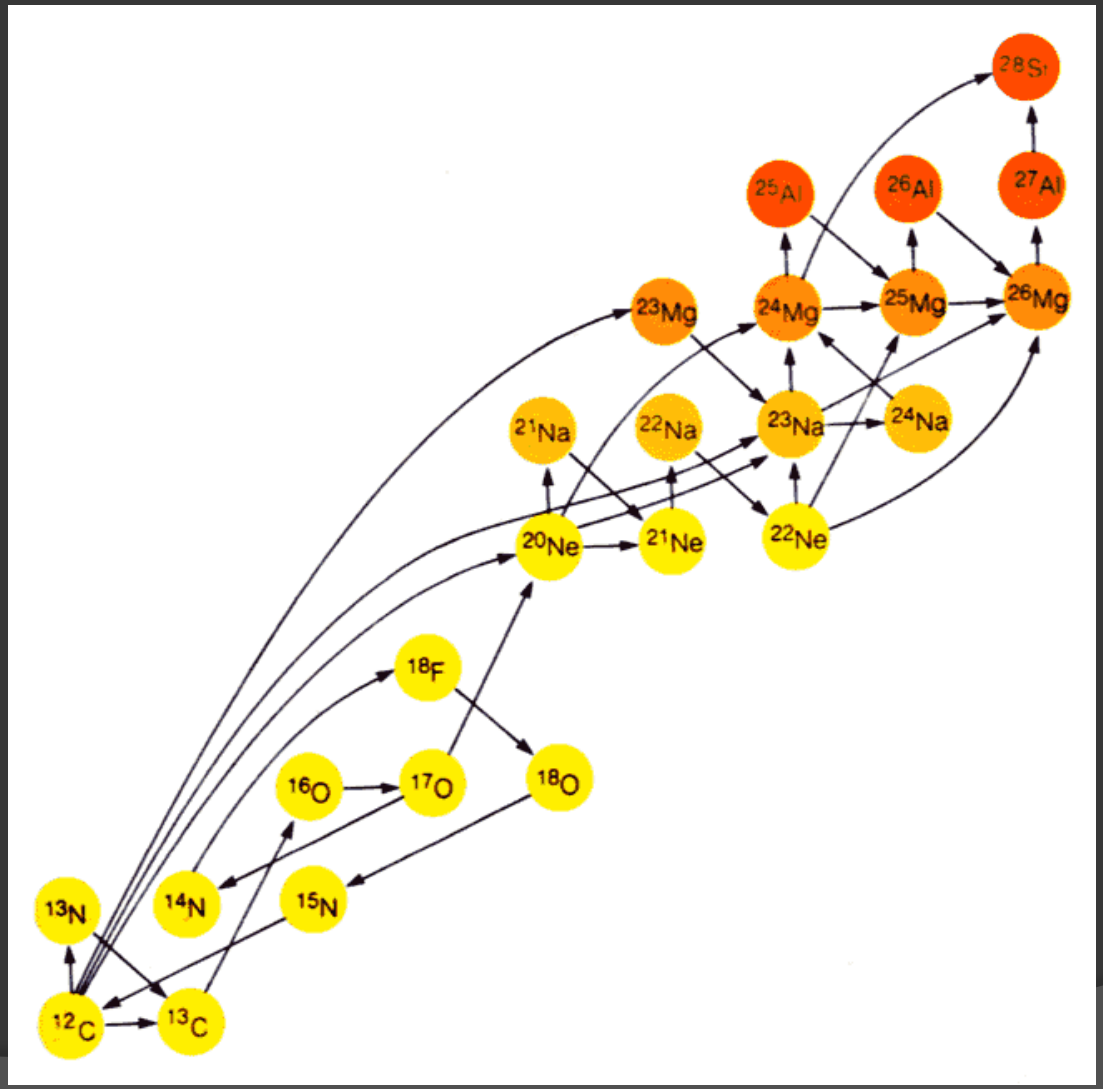
# همجوشی عناصر سنگین تر در هستهٔ ستاره

- بعد از اتمام سوخت هیدروژنی ستاره، ستاره شروع به سوزاندن عناصر سنگین تر می کند، البته اگر جرم کافی داشته باشد، به عنوان مثال چرخهٔ سوزاندن کربن را در این دو شکل می بینید.

$$
\begin{aligned}
&\rightarrow {}^{12}\mathrm{C} + \mathrm{p} \rightarrow {}^{13}\mathrm{N} + \gamma \\
&\quad {}^{13}\mathrm{N} \rightarrow {}^{13}\mathrm{C} + \mathrm{e}^{+} + \nu_{\mathrm{e}} \\
&\quad {}^{13}\mathrm{C} + \mathrm{p} \rightarrow {}^{14}\mathrm{N} + \gamma \\
&\quad {}^{14}\mathrm{N} + \mathrm{p} \rightarrow {}^{15}\mathrm{O} + \gamma \\
&\quad {}^{15}\mathrm{O} \rightarrow {}^{15}\mathrm{N} + \mathrm{e}^{+} + \nu_{\mathrm{e}} \\
&\quad {}^{15}\mathrm{N} + \mathrm{p} \rightarrow {}^{12}\mathrm{C} + {}^{4}\mathrm{He}
\end{aligned}
$$



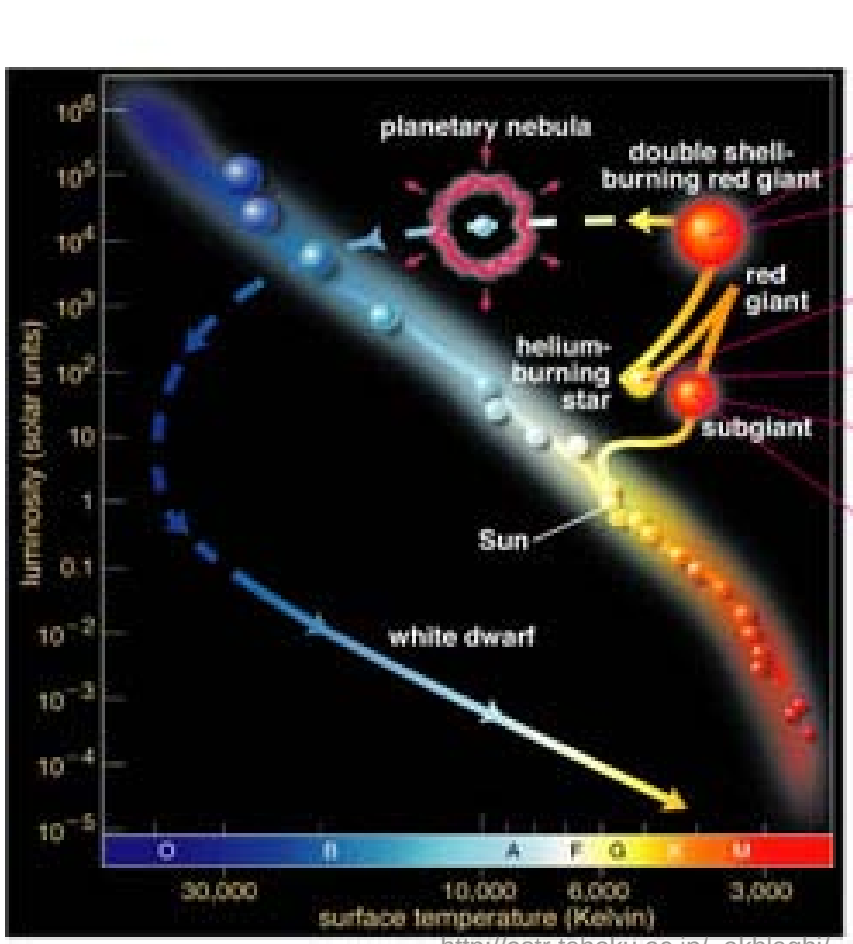
# همجوشی عناصر سنگین تر درون ستاره

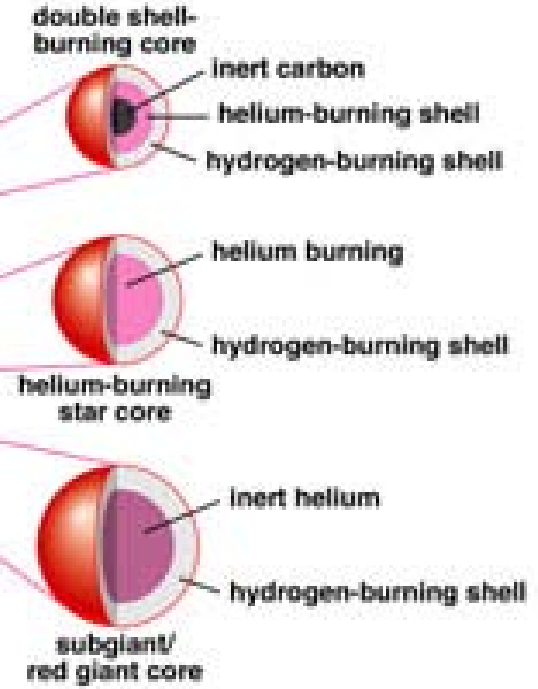



- در صورتی که جرم ستاره هنوز هم سنگین تر باشد، با چرخهٔ CNO کار خود را تمام نمی کند و طی واکنش های هستهٔ ای دیگر مشغول تولید و سوزاندن عناصر سنگین تر می شود.

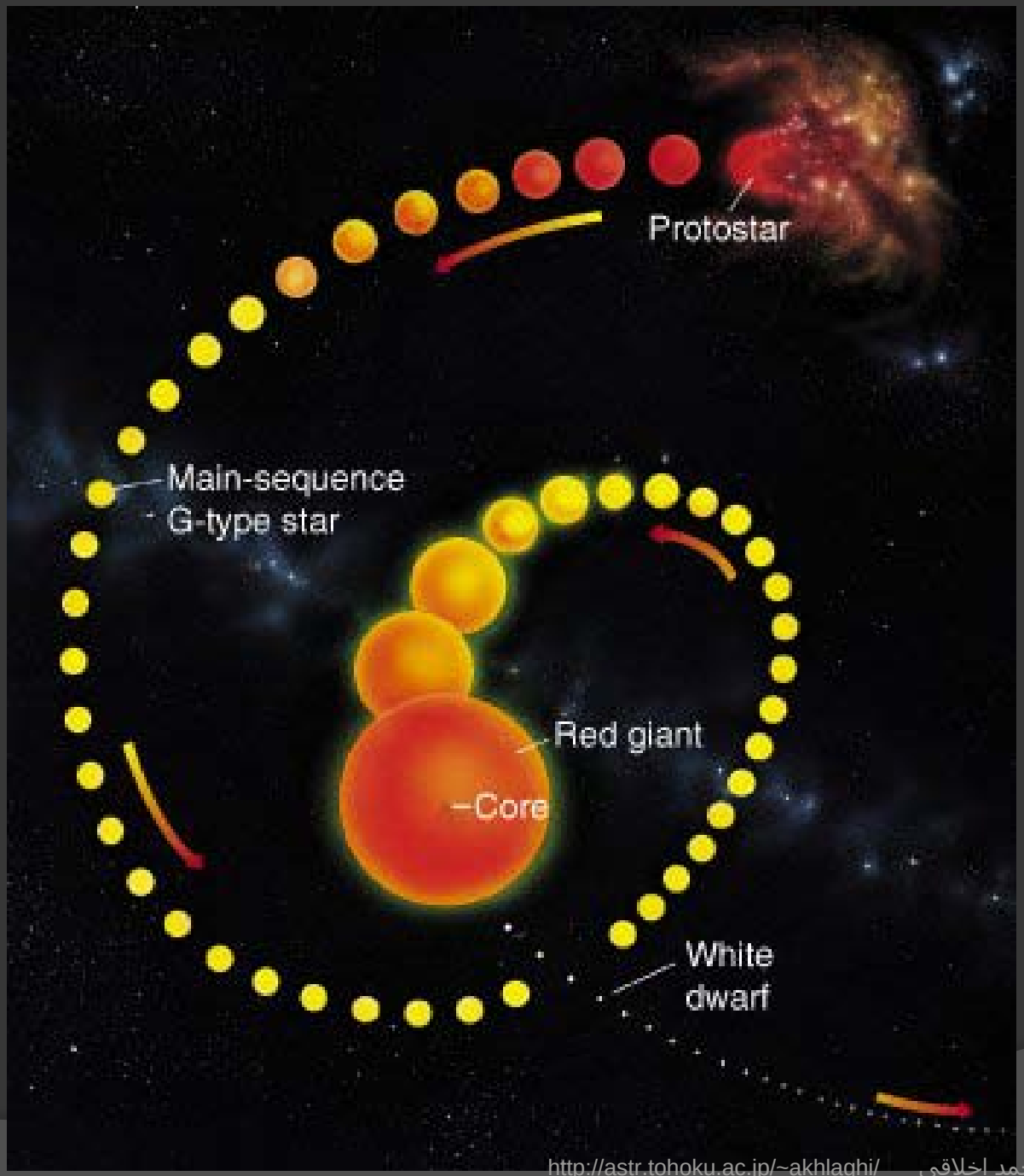
# نمودار HR

- حال بیایید ببینیم که این چرخهٔ عنصر سوزی در ستاره چه تاثیری در درخشندگی و دمای ستاره (نمودار HR) دارد.



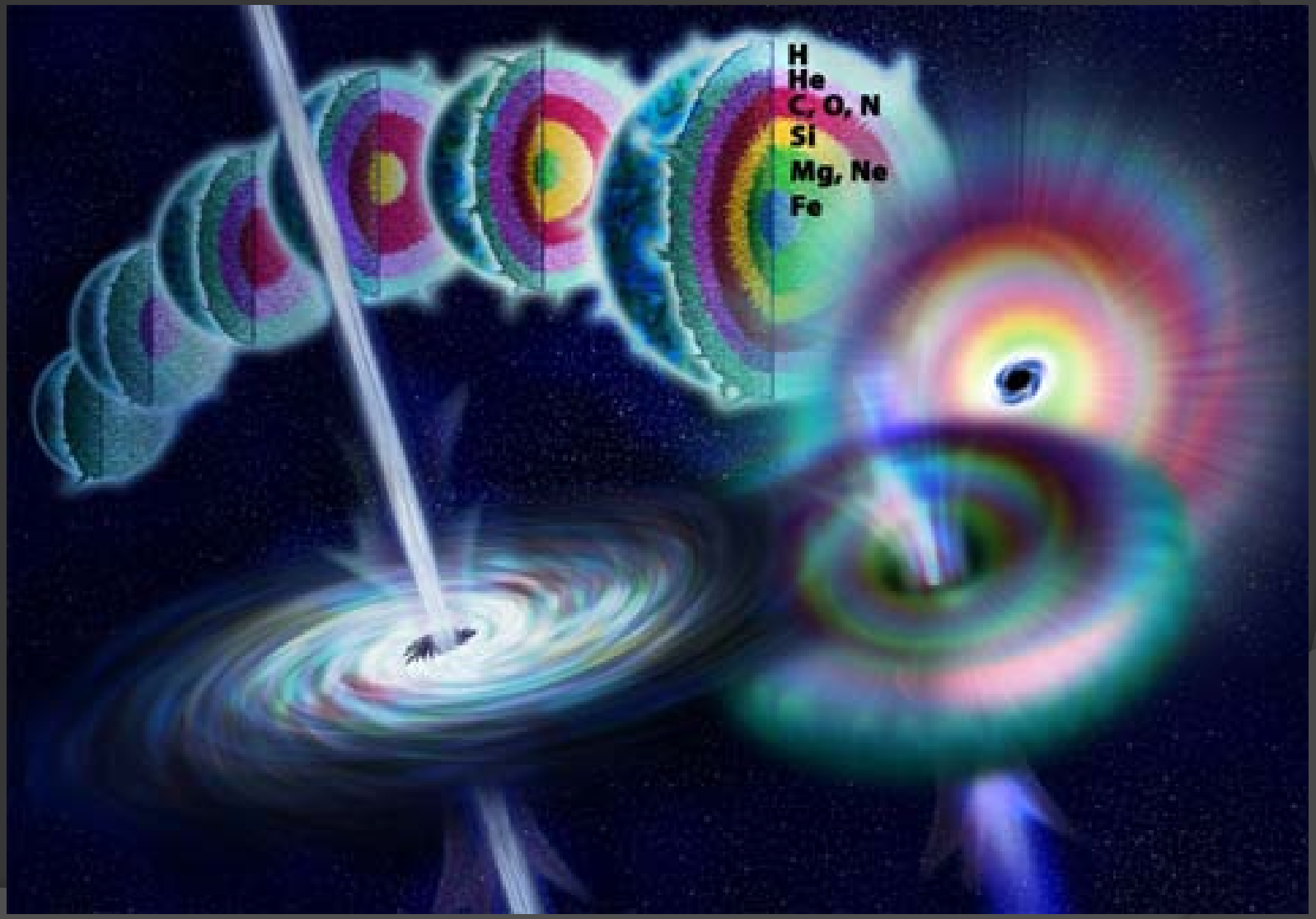




Copyright © Addison Wesley

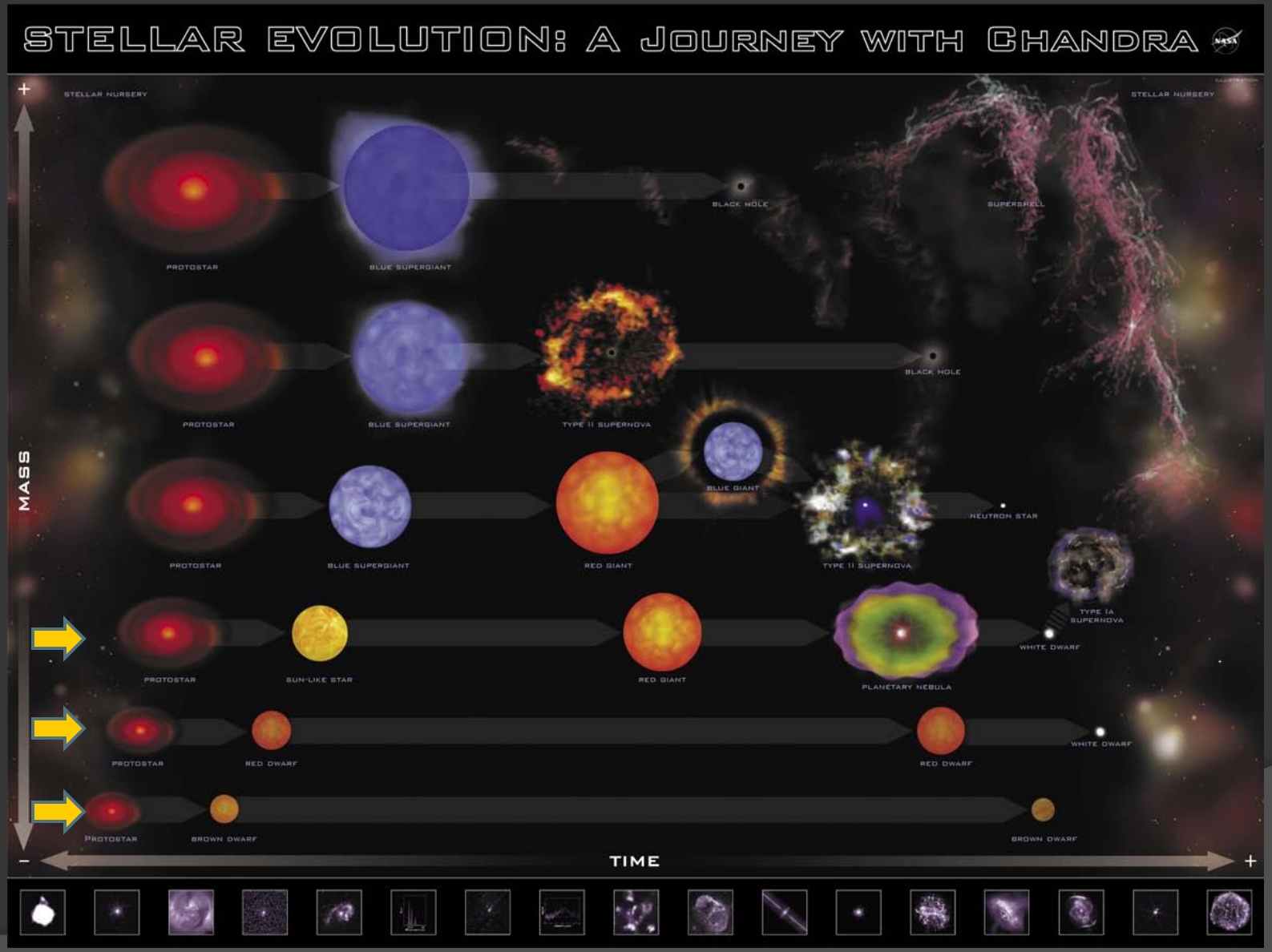



# نگاهی دیگر به تکامل خورشید

# ستارگان سنگین تر از خورشید

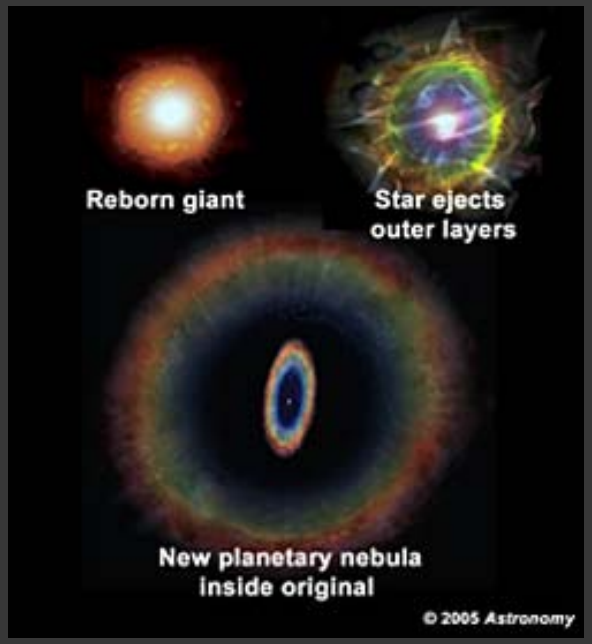


# مرگ ستارگان




- مانند تولدشان، طرز مرگ ستارگان به جرم آنها بستگی دارد:

# ستارگان تا ۸ برابر جرم خورشید

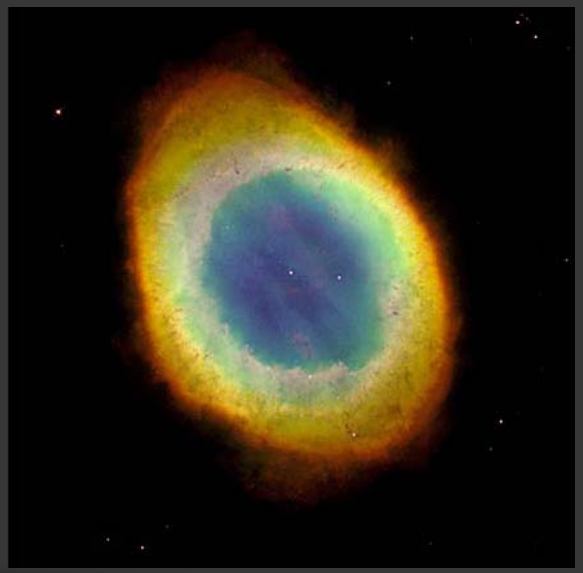



- در حین مرگ، ستاره مقدار زیادی از جرم خود را از دست می دهد:

- اگر جرم هستهٔ باقی مانده از ۱.۴ جرم خورشید بیشتر باشد، هسته منفجر می شود و انفجار ابر نواختری نوع دو ایجاد می شود.

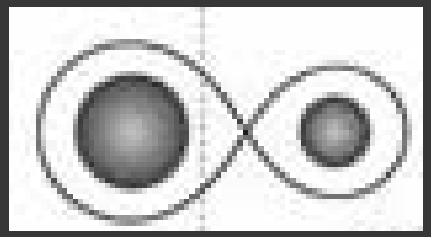
# کوتوله های سفید

- در صورتی که جرم هستهٔ باقی مانده به حد چاندراسخار نرسد، هسته به همان حالت خود باقی می ماند که به کوتولهٔ سفید معروف است، لایه های بیرونی که به بیرون پرتاب شدند تا حدی پیش می روند و بعد خنک می شوند و یک سحابی سیاره نما تولید می کنند:



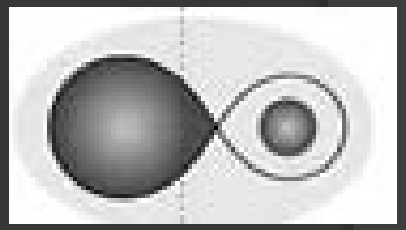
- صحابی حلقوی بهترین نمونه از چنین سحابی هایی به شمار می رود، **خورشید** ما هم چنین سرنوشتی خواهد داشت.

# ابرنواختر های نوع IA

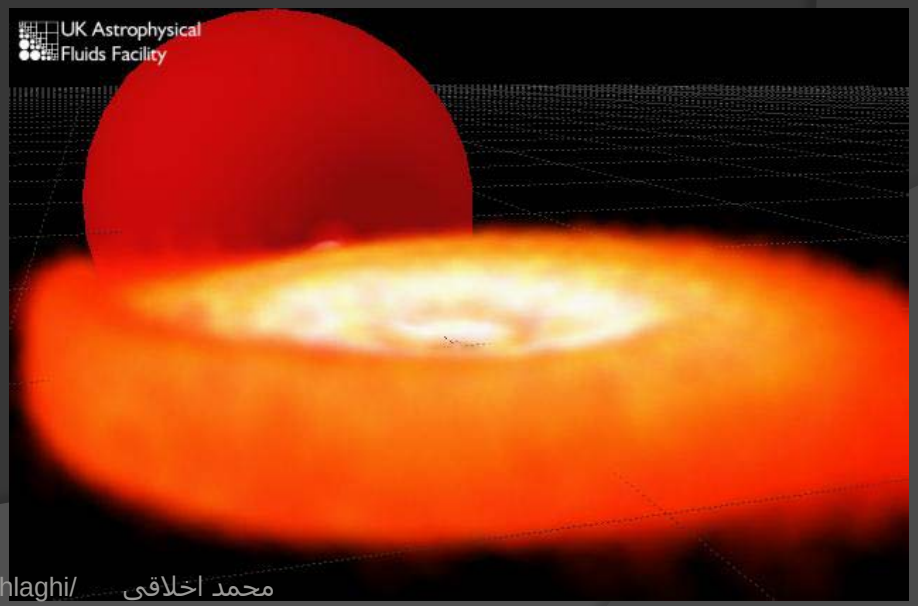


سطوح هم پتانسیل در یک سیستم دوتایی به این شکل هستند:

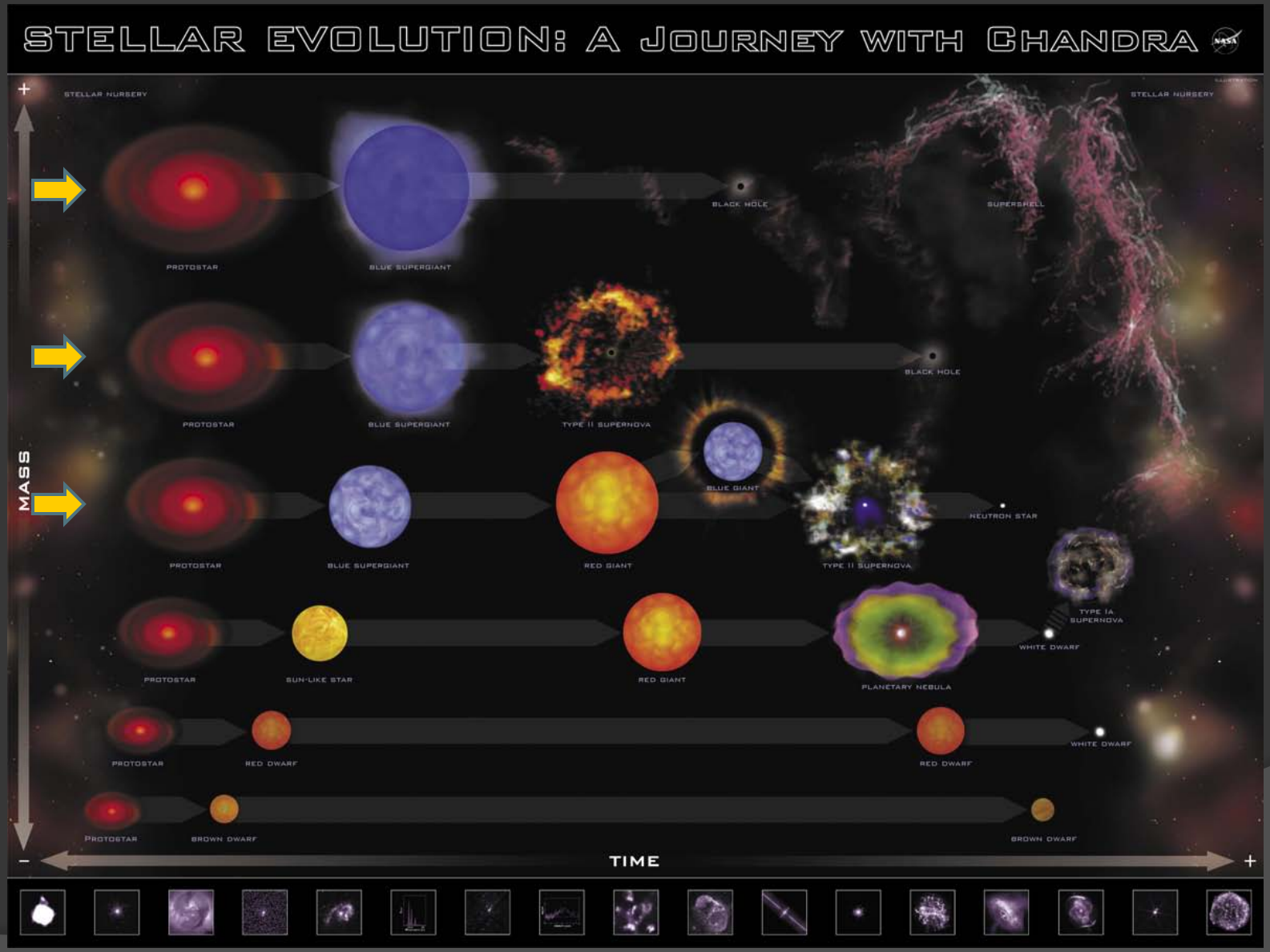
در یک سیستم دوتایی، یک عضو کوتولهٔ سفید باشد و عضو دیگر یک غول قرمز، سطح غول قرمز توسط کوتولهٔ سفید جذب می شود:



در لحظه ای که جرم ابرنواختر به حد چاندارسخار برسد، انفجاری صورت می گیرد که به علت روی دادن در یک جرم خاص، درخشندگی این انفجار مقدار ثابتی است، چنین انفجار هایی یکی از بهترین روش های فاصله سنجی هستند.

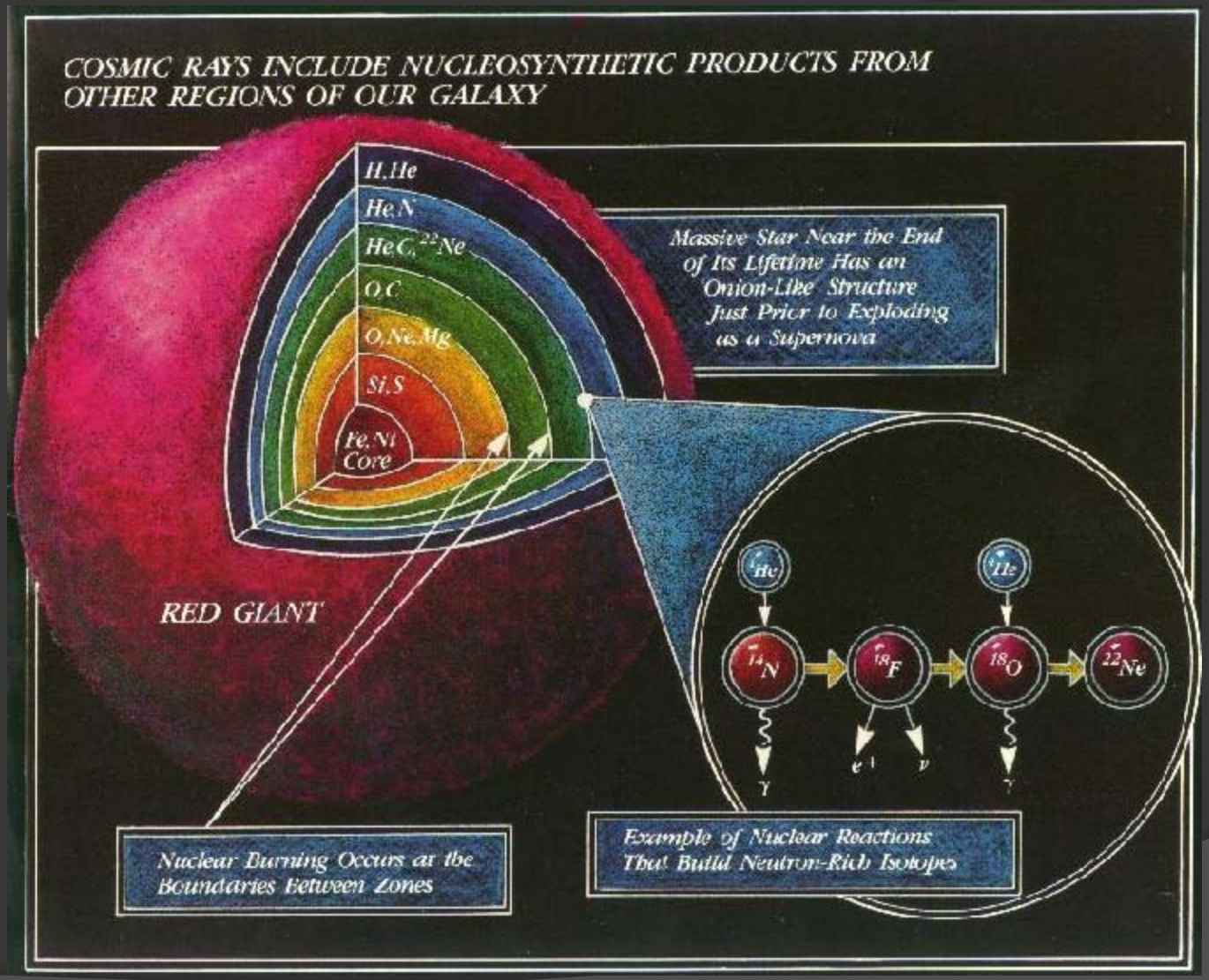


# مرگ ستارگان



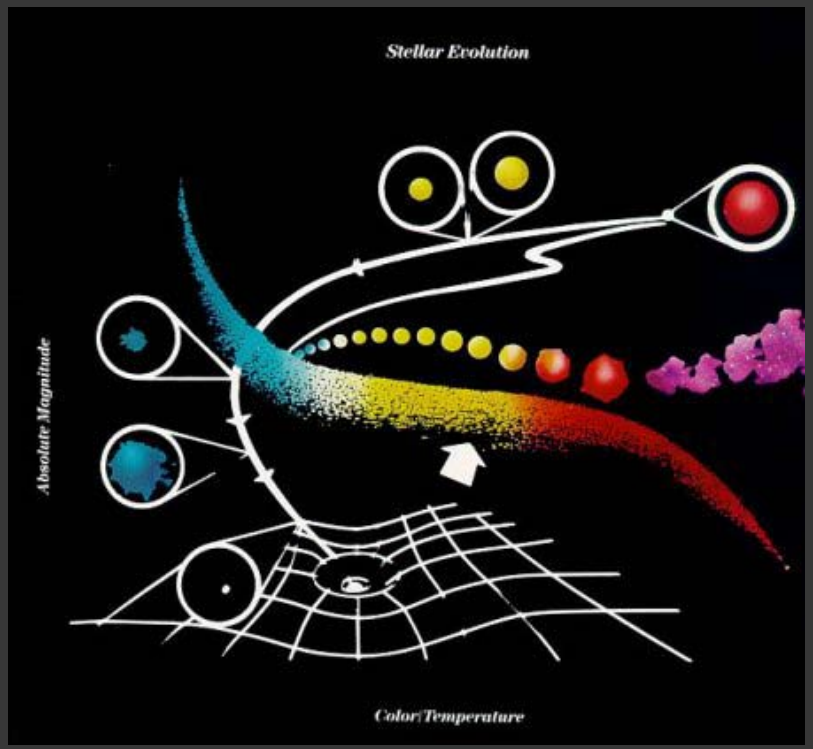

- مانند زندگی آنها، طرز مرگ ستارگان نیز به جرم آنها بستگی دارد:

# ستارگان سنگین تر




- در صورتی که ستاره خیلی سنگین باشد، عنصر سوزی را تا مرحلهٔ تولید آهن ادامه می دهد:

# مرگ ستارگان سنگین تر




- ستارگان با جرم اولیهٔ بیشتر از ۸ جرم خورشید
  - جرم اولیه بیشتر از ۲۵ جرم خورشید
    - سیاه چاله
  - جرم اولیه کمتر از ۲۵ جرم خورشید
    - ستارهٔ نوترونی

در هر دو صورت انرژی نوترینو های آزاد شده حدود $10^{46}$ ژول خواهد بود، بیشتر از کل انرژی تولیدی توسط خورشید در دوران زندگی خود!

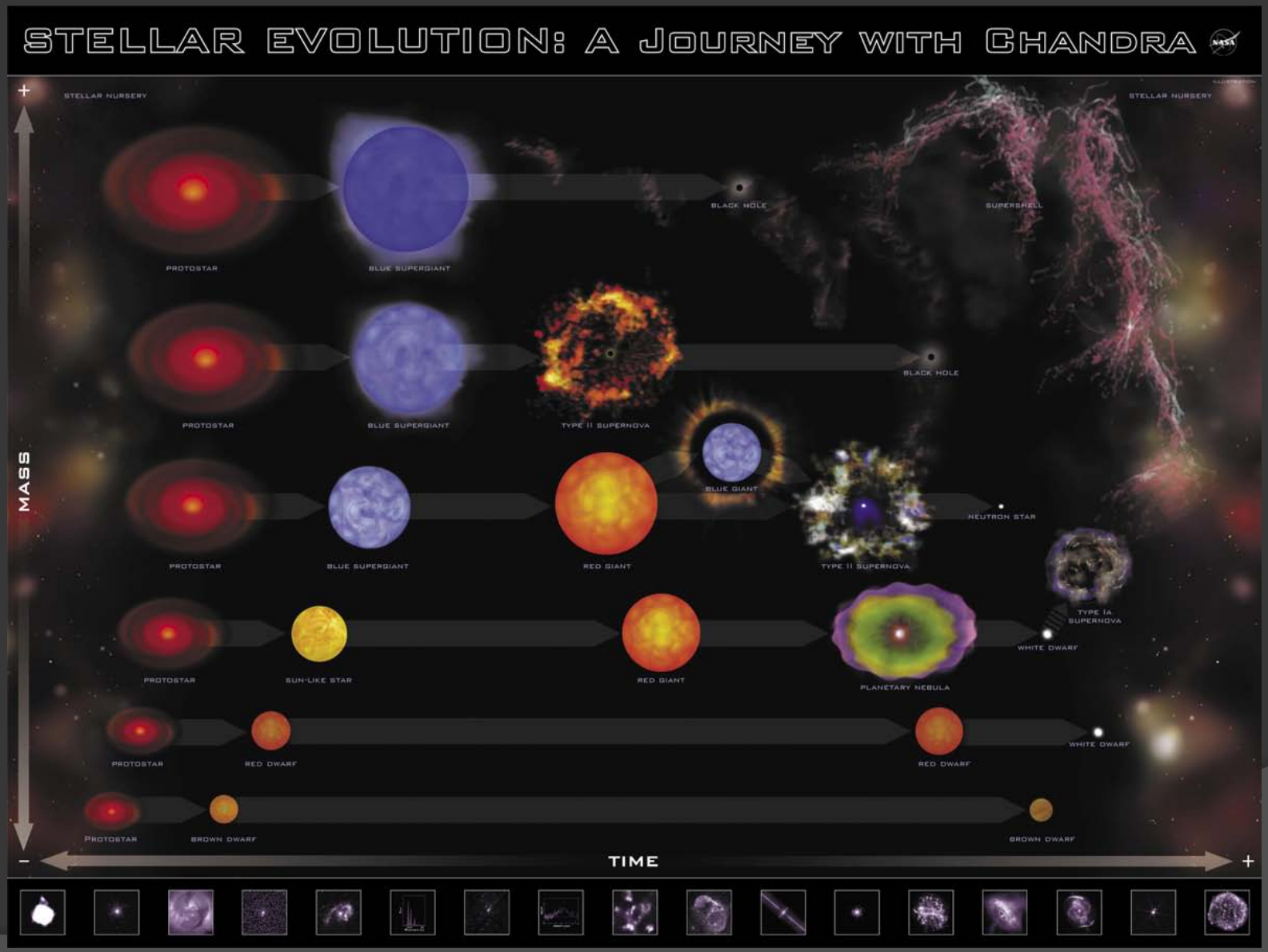
# انفجار های ابرنواختری نوع II

- در صورتی که جرم ستارهٔ اولیه کمی بیشتر از ستارهٔ نوترونی باشد، انفجار ابرنواختری نوع دو روی می دهد، که طی آن تمام پوستهٔ باقی مانده به فضای اطراف پخش می شود:

# سیاه چاله ها

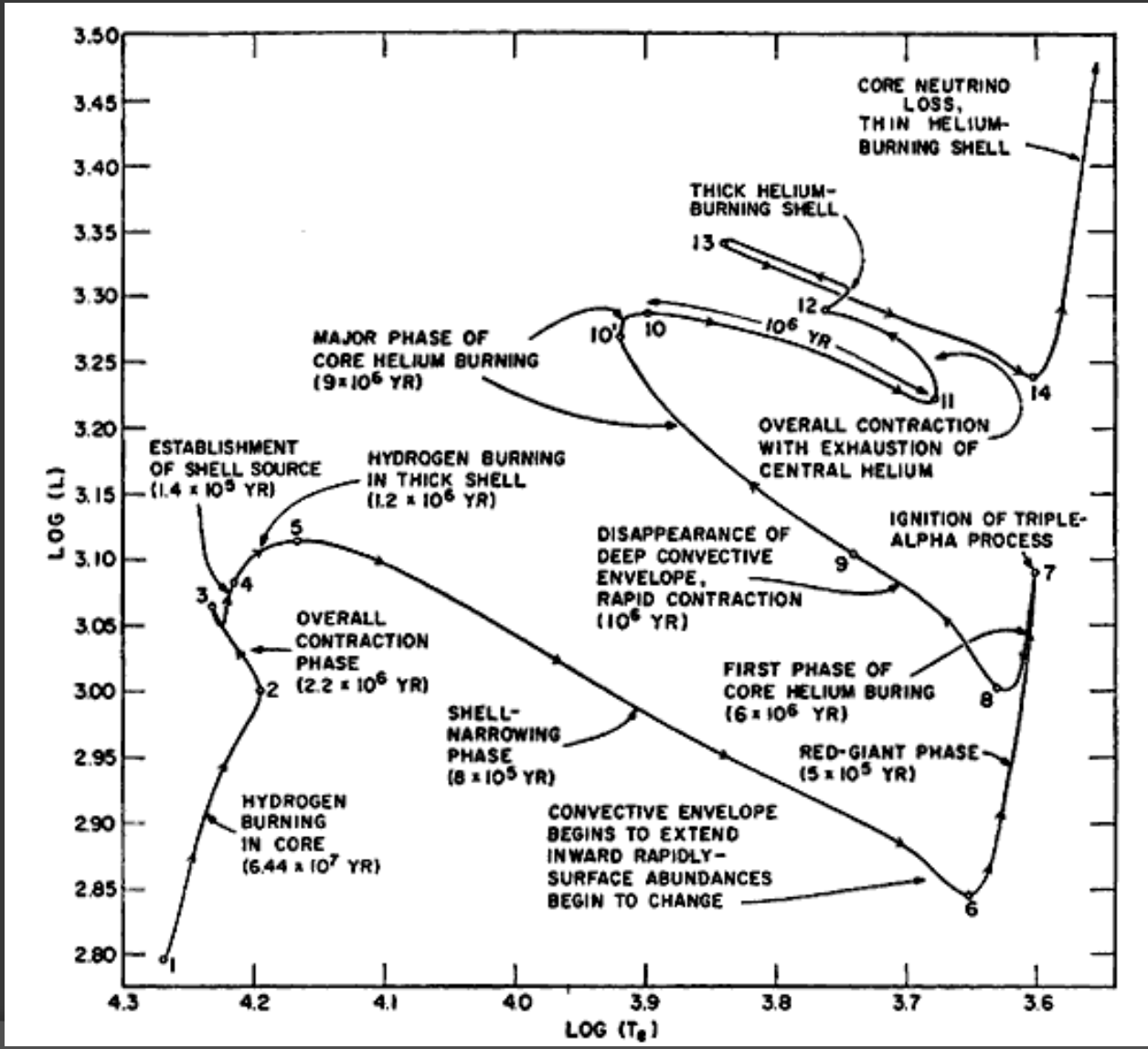
- در صورتی که جرم ستارهٔ اولیه خیلی بیشتر از ۲۵ برابر جرم خورشید باشد، آنگاه گرانش چنان قوی خواهد بود که اصلا مجالی برای انفجار باقی نمی گذارد و تمام مواد ستاره را جذب خود می کند، از حد خاصی که کوچک تر شد، دیگر حتی نور هم توانایی فرار از آن را ندارد:

# تکامل ستارگان



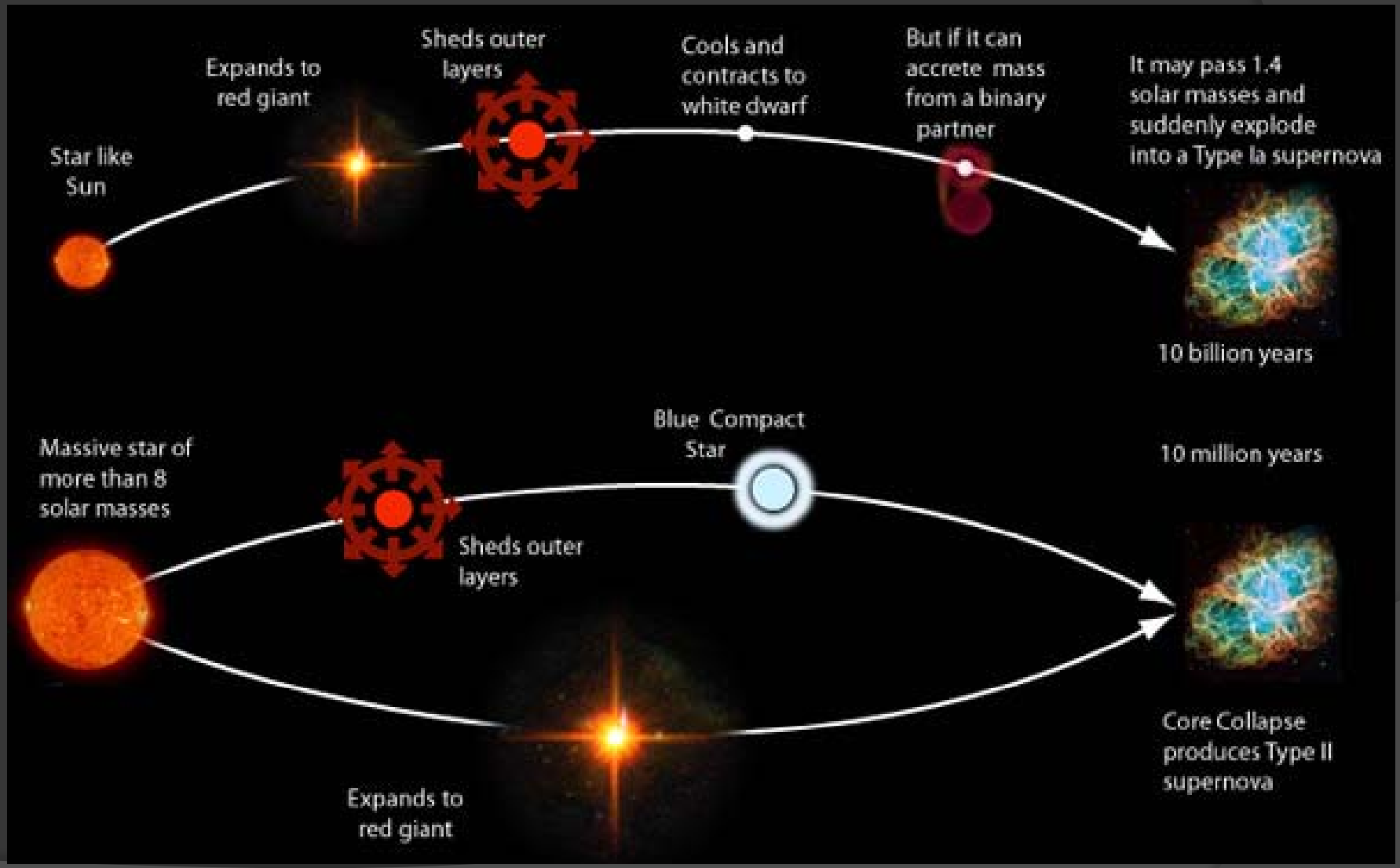

- مانند زندگی آنها، طرز مرگ ستارگان نیز به جرم آنها بستگی دارد:

# یک مثال؛




- تکامل یک ستاره با ۵ برابر جرم خورشید را می توانید در نمودار HR روبرو ببینید:

# نموداری از مسیر تکاملی یک ستاره



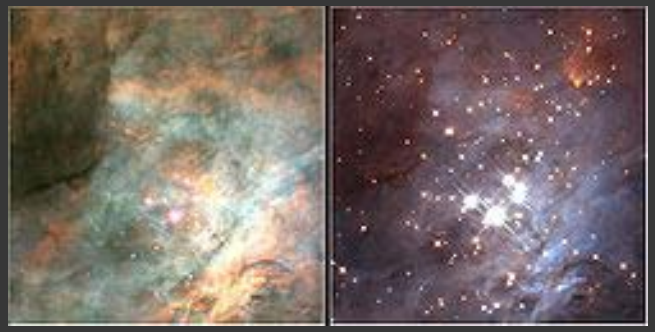
به نام آنکه جان را فکرت آموخت
چو قاف قدرتش دم بر قلم زد

چراغ دل ز نور جان بر افروخت
هزاران نقش بر لوح عدم زد

# خوشه‌های ستاره‌ای و کهکشان‌ها

- خوشه‌های باز و خوشه‌های کروی
- تاریخ رصد کهکشان‌ها
- گونه‌ها و ریخت‌شناسی
- دینامیک و فعالیت
- تشکیل و تکامل

# خوشه‌های باز



- خوشه‌های باز مجموعه‌ای از چند هزار ستاره جوان هستند که همزمان و از یک ابر ملکولی تشکیل شده‌اند
- خوشه پروین یکی از معروف‌ترین نمونه‌های آنهاست
- سن آنها عموما کمتر از چندصدمیلیون سال است
- با تشکیل ستاره‌ها باقی جرم ابر ملکولی (۹۰درصد جرم آن) توسط تابش خارج می‌شود
- به خاطر جرم کمشان این خوشه‌ها در اکثر مواقع نمی‌توانند پایدار بمانند و در عرض چند ده تا صد میلیون سال متفرق می‌شوند.
- به عنوان مثال ستاره‌های کاسه دب‌اکبر همگی مال یک خوشه باز بودند که حالا دارند از هم دور می‌شوند

خوشه‌ای باز در ابر ماژلانی بزرگ

# خوشه‌های کروی

خوشه کروی M80

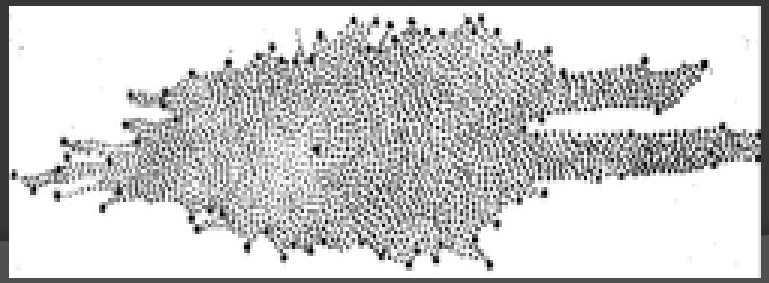
خوشه کروی M15

- خوشه‌های کروی مجموعه‌هایی کروی از ستاره هستند که مانند قمر به دور مرکز کهکشان‌ها می‌گردند.
- چگالی ستاره‌ها در خوشه‌های کروی خیلی بیشتر از اکثر کهکشانها و خوشه‌های باز است.
- تا به حال حدود ۱۵۸ خوشه کروی اطراف کهکشان راه‌شیری شناسایی شده‌اند، پیش‌بینی می‌شود آندرومدا ۵۰۰ خوشه کروی داشته باشد.
- خوشه‌های باز از چندصدهزار تا چند میلیون ستاره در خود دارند و اکثر آنها عناصر فلزی کمی در خود دارند (مسن هستند)
- اکثر ستاره‌های درون خوشه‌های کروی تقریبا یک سن دارند
- احتمالا خوشه‌های کروی بزرگ، مانند اوگا قنطورس که اطراف آندرومدا است، کهکشان‌های ناموفق بوده‌اند که قبل از تشکیل به گرد کهکشانی دیگر افتاده‌اند.

خوشه کروی M57

# تاریخ و رصد کهکشان‌ها

- دموکریتوس (۴۵۰ تا ۳۷۰ قبل از میلاد)، اعتقاد داشت که راه شیری ممکن است مجموعه دوری از ستاره‌ها باشد.
- ارسطو (۳۸۴ تا ۳۲۲ قبل از میلاد) اعتقاد داشت راه شیری رویدادی جوی است
- ابن هیثم (۹۶۵ تا ۱۰۳۷ میلادی) با اندازه‌گیری پارالاکس راه شیری به این نتیجه رسید که راه‌شیری در جو نیست. ابوریحان بیرونی (۹۳۷ تا ۱۰۴۸ میلادی) اعتقاد داشت که راه شیری تعدادی بسیار زیاد از ستاره باشد
- اولین کسی که ستاره‌ای بودن راه‌شیری را تایید کرد گالیه، در سال ۱۶۱۰ میلادی، با تلسکوپش بود.
- هرسشل در ۱۷۸۵ اولین کسی بود که سعی کرد راه شیری را نقشه برداری کند



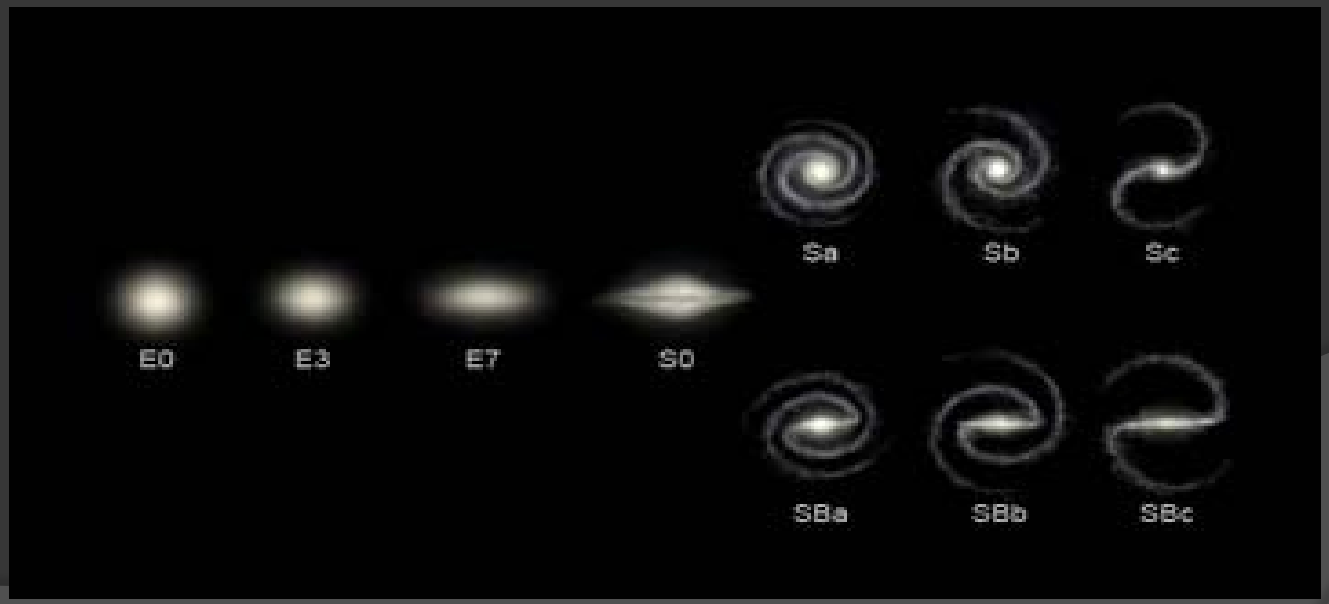
# تاریخ فاصله‌سنجی کهکشان‌ها

نقاشی بالا در سال ۱۸۴۵ از کهکشان M51 (شکل پایین) کشیده شده است.

- عبدالرحمان صوفی (قرن ۱۰ میلادی)، اولین کسی بود که کهکشان آندرومدا و ابرهای ماژلانی (از یمن) را دید و نام آنها را ابر گذاشت
- در سال ۱۷۵۵، اینانول کانت این عقیده را مطرح کرد که دنیا از جزیره‌هایی از ستاره تشکیل شده است.
- در اواخر قرن هجدهم، چارلز مسیه، ۱۰۹ جرم غیر ستاره‌ای پرنور را جدول‌بندی کرد.
- هرسشل بعدا جدولی شامل ۵۰۰۰ جرم غیرستاره‌ای نوشت
- هابل در سال ۱۹۲۵ توانست با استفاده از متغیرهای قیفاووسی، اولین‌بار فاصله کهکشان‌ها را اندازه‌گیری کرده و نظریه‌ی جزیره‌های ستاره‌ای را مطرح کرد.

# گونه و ریخت‌شناسی کهکشان‌ها

- هابل اولین بار این سیستم رده‌بندی کهکشان‌ها را مطرح کرد.
- به طور کلی، سه نوع کهکشان در آسمان دیده می‌شود: بیضوی، مارپیچی و بی‌شکل
- به این دلیل که این سیستم فقط بر اساس شکل است، اطلاعاتی از تکامل کهکشان یا فعالیت‌های اخترفیزیکی آن را شامل نمی‌شود.



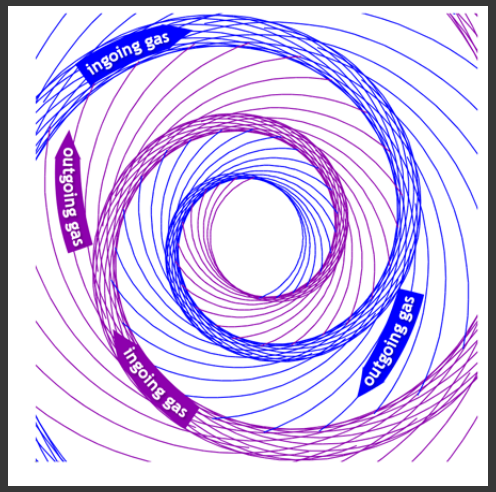
# کهکشان‌های بیضوی

کهکشان M87 بزرگترین کهکشان دیده شده است با فاصله ۵۵ میلیون سال نوری از زمین. مرکز آن نیز بسیارفعال است. جت زیر طولی برابر ۵۰۰۰ سال نوری دارد

- نام کهکشان‌های بیضوی از شکل آنها می‌آید.
- هابل بر اساس مقدار بیضی بودن آنها به آنها عدد نسبت می‌داد: E0 یک کهکشان بیضوی تقریبا کره است و E7 یک بیضی کشیده.
- بیشتر کهکشان‌های بیضوی از ستاره‌های کوچک پیر تشکیل شده‌اند و مواد میان‌ستاره‌ای بسیار کمی دارند. خوشه‌های کروی خیلی بیشتر از خوشه‌های باز در آنها دیده می‌شود.
- ۱۰ تا ۱۵درصد کهکشان‌هایی که مشاهده‌شده‌اند را شامل می‌شوند
- برخلاف کهکشان‌های مارپیچی حرکت ستاره‌ها در آنها شعاعی است
- کهکشان‌های بیضوی احتمالا از برخورد کهکشان‌ها با هم تشکیل شده‌اند

# کهکشان‌های مارپیچی

کهکشان مارپیچی M101




نموداری از ساختار حرکت کهکشان‌های مارپیچی

- کهکشان‌های مارپیچی مخلوطی از ستاره، مواد میان‌ستاره‌ای و هاله‌ای کم‌نور هستند که در حال چرخش به دور مرکز واحد می‌باشند.
- کهکشان‌های مارپیچی به دو نوع میله‌ای و ساده تقسیم می‌شوند، نوع میله‌ای با SB و نوع بدون میله با S نمایش داده می‌شوند.
- در درجه‌بندی هابل این کهکشان‌ها با S شناخته می‌شوند و بر اساس فشردگی دسته‌های مارپیچ a، b یا c بعد از S قرار می‌گیرد.
- بیشتر کهکشان‌های مارپیچی از نوع میله‌ای هستند.
- راه شیری کهکشانی مارپیچی میله‌ای است.

کهکشان مارپیچی میله‌ای NGC 1300

# اشکال دیگر کهکشان‌ها (بی‌شکل)

جسم هوگ (Hoag)

NGC 5866

- سایر کهکشان‌ها احتمالا به خاطر برهمکنش‌هایی با دیگر کهکشان‌ها به شکل‌های دیگری در آمده‌اند:
- کهکشان حلقوی: که مجموعه‌ای از مواد میان‌ستاره‌ای و ستاره اطراف مرکزی جدا در حال چرخش هستند
- کهکشان‌های عدسی‌وار: این کهکشان‌ها به نوعی هم بیضوی هستند و هم مارپیچی و یک حالت میانی را میان این دو تشکیل می‌دهند. در رده‌بندی هابل، این کهکشان‌ها از نوع S0 هستند و اگر میله داشته باشند از نوع SB0 نامگذاری می‌شوند.

# دینامیک کهکشان‌ها (برخورد)

- به دلیل فاصله کم کهکشان‌ها از هم نسبت به قطرشان، برخورد میان کهکشان‌ها نسبتا زیاد روی می‌دهد.
- در صورتی که اندازه حرکت اولیه کهکشان‌ها به اندازه‌ای باشد که از هم جدا شوند، بعد از برخورد دو کهکشان جدا می‌شوند، در غیر این صورت با هم یکی می‌شوند.
- در اثر برخورد، شکل کهکشان‌ها می‌تواند به کلی تغییر می‌کند.
- بیشترین نوع برخورد برخورد یک کهکشان بزرگ با یک کوتوله است؛ در حال حاضر راه شیری در حال بلعیدن دو کهکشان کوتوله می‌باشد.

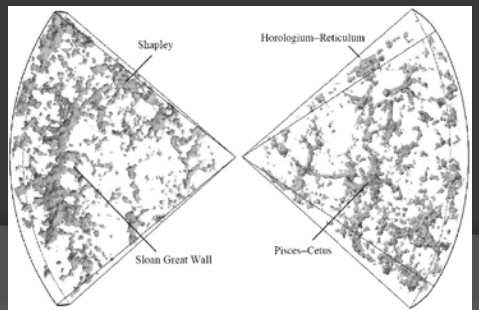
کهکشان‌های آنتن، این دو در نهایت با هم یکی می‌شوند

کهکشان گردآبی در حال بلعیدن یک کهکشان کوتوله

کهکشان‌های موش

# گروه‌ها و خوشه‌های کهکشانی

- گروه‌های کهکشانی عموما کمتر از ۵۰ کهکشان در خود دارند و اندازه آنها حدود ۱ تا ۲ مگاپارسک است. گروهی که کهکشان ما در آن قرار دارد گروه محلی نامیده می‌شود که حدود ۴۰ عضو دارد.
- خوشه‌های کهکشانی در ظاهر به خاطر گرانششان کنار هم قرار دارند، اما در واقع سرعت دورشدنشان خیلی زیاد است
- مشاهدات نشان می‌دهند که مواد میان‌خوشه‌ای وجود دارند که حدود دو برابر اجرام خوشه جرم دارند. احتمال می‌رود به خاطر ماده تاریک و این‌گازها خوشه پایدار می‌ماند.
- ابرخوشه‌های کهکشانی بزرگ‌ترین ساختارهای مشاهده شده هشتند که مانند رشته‌هایی گیتی را تشکیل می‌دهند.



# تشکیل و تکامل کهکشان‌ها

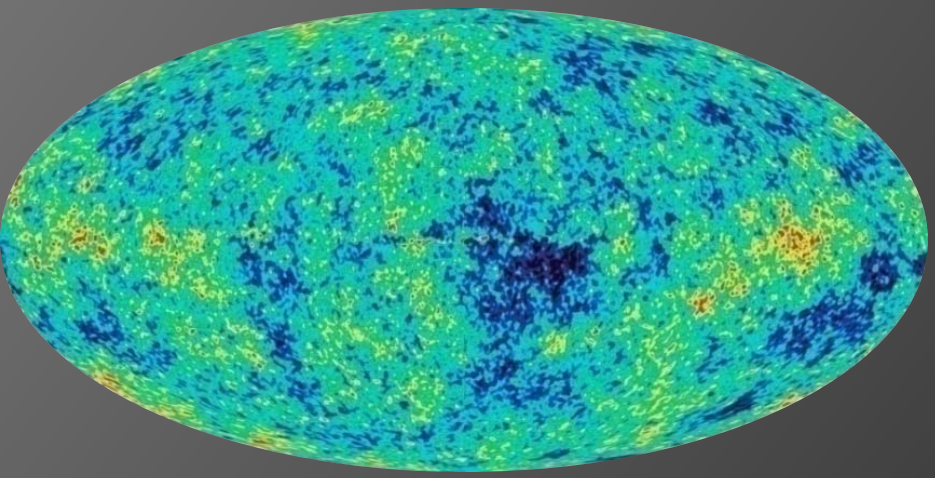
- طبق قوی‌ترین نظریه‌ها، بعد از خنک‌شدن گیتی (کمتر از ۱میلیارد سال بعد از انفجار بزرگ)، به دلیل نوسانات اختلالی که در گیتی وجود داشت، مقادیری زیادی از ماده تاریک در مکان‌هایی جمع شدند و اتم‌های هیدروژن و هلیوم را به سمت خود کشیدند.
- بعضی دانمشندان اعتقاد دارند اول خوشه‌های کهکشانی ایجاد شد و بعد ساختارهای درونی آنها، بعضی دیگر می‌گویند اول ساختارهای کوچکتر مانند خوشه‌های کروی تشکیل شد و جمع شدن آنها کهکشان‌ها را ایجاد کرد.

# شاخه‌های اخترشناسی:

به نام آنکه جان را فکرت آموخت
چو قاف قدرتش دم بر قلم زد

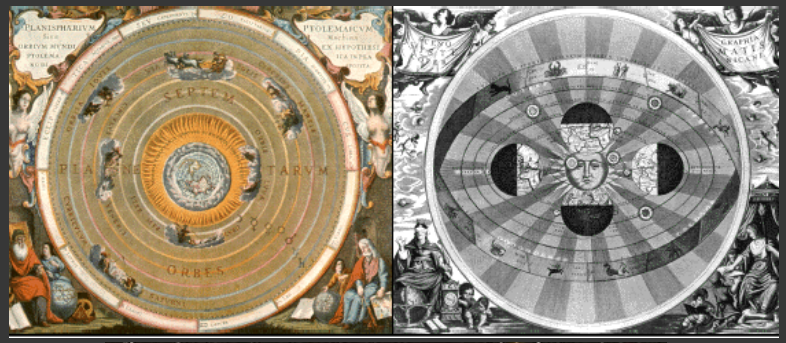
چراغ دل ز نور جان بر افروخت
هزاران نقش بر لوح عدم زد

# کیهان‌شناسی



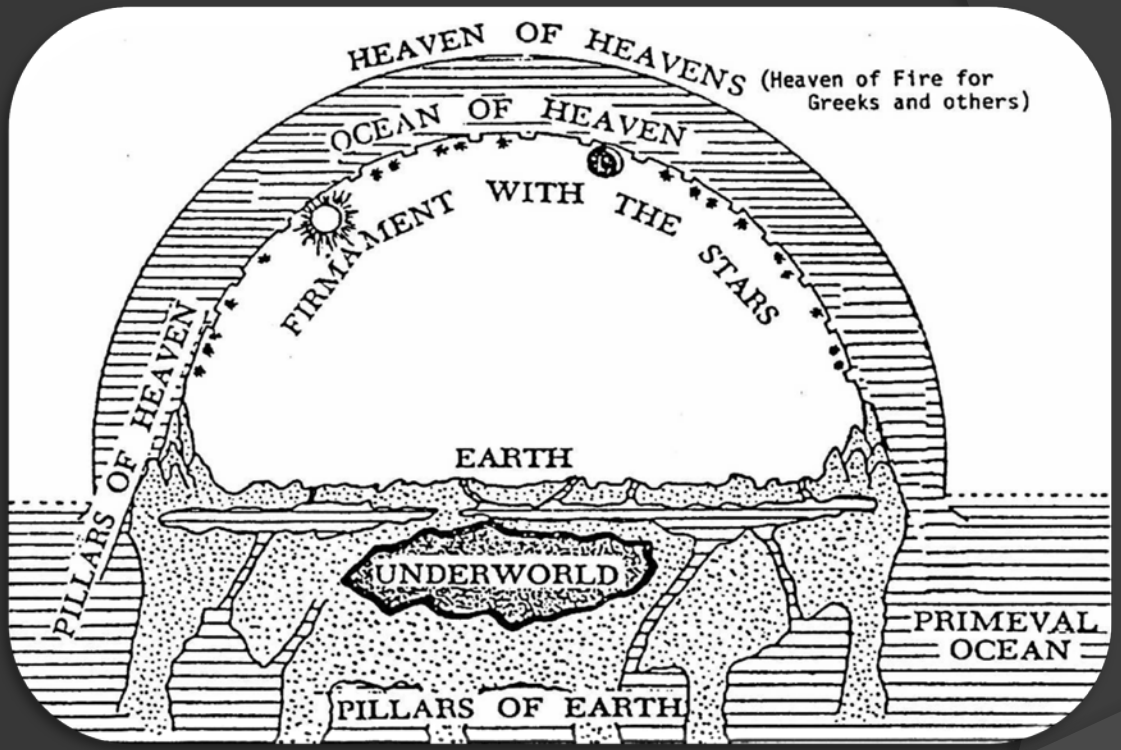
- کیهان‌شناسی چیست؟ کیهان‌شناسی باستانی
- تحول نظری و مشاهداتی کیهان‌شناسی مدرن
- قانون و ثابت هابل
- ثابت کیهان‌شناسی
- تابش زمینه‌ی کیهانی

# کیهان‌شناسی چیست؟



- کیهان‌شناسی مطالعه کیهان به صورت یک کل واحد است؛ با اجزاء دنیا کاری ندارد
- واژه کیهان‌شناسی اولین بار توسط کریستین وولف در ۱۷۳۰ استفاده شد، اما تاریخی بلند در علوم تجربی، فلسفه و دین دارد.
- در ۱۰۰ سال گذشته، فیزیک (شاخه‌ای از علوم تجربی) شناخت کیهان را به مرحله‌ی جدیدی رسانده است.
- راجر بیکن (۱۲۱۴ الی ۱۲۹۴ میلادی) اولین کسی بود که پیشنهاد داد دنیا بر مبنای اصول فیزیکی اداره می‌شود.

# دید باستانیان در مورد گیتی




باستانیان دنیای فرای زمین را مربوط به خدایان می دانستند

# کیهان‌شناسی نیوتن (کیهان استاتیک)

- نیوتن (۱۶۴۳ الی ۱۷۲۷) به یک کیهان بی‌نهایت و استاتیک معتقد بود که در آن ستاره‌ها به صورت همگن پخش هستند.
- اولین منتقد این کیهان‌شناسی ادموند هالی (۱۶۵۶ الی ۱۷۴۲) بود که می‌گفت اگر کل دنیا همگن باشد، آسمان نباید تیره باشد.
- بعد از هالی، هاینریش اولبرز (۱۷۵۸ الی ۱۸۴۰) موضوع را بسط داد و این مشکل را مانند ناظری در جنگل پیشنهاد کرد که در هر راستا یک درخت خواهد دید. در مورد کیهان؛ اگر دنیا همگن و بی‌نهایت باشد، در هر راستا که نگاه کنیم، راستای دیدمان به سطح یک ستاره می‌خورد. خود او معتقد بود دنیا کاملا شفاف نیست و احتمالا نور قبل از اینکه به ما برسد جذب می‌شود، که بعدا رد شد.
- ادگار آلن پو (شاعر، ۱۸۰۹ الی ۱۸۴۹)، پیشنهاد داد که به علت ثابت بودن سرعت نور، احتمالا هنوز به ما نرسیده است. لرد کلوین (۱۸۲۴ الی ۱۹۰۷) در نهایت این استدلال را به زبان ریاضی بیان کرد.

# تحول نظری کیهان‌شناسی مدرن

- انشتاین در سال ۱۹۱۵ معادلات میدان خود را که طرز برهمکنش فضا-زمان با ماده را بیان می‌کنند ارائه داد. این معادلات شامل ۱۰ معادله می‌شود که به صورت یک معادله تانسوری بیان می‌شوند:

$$G_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

- شوارتزشیلد در ۱۹۱۶ اولین حل این معادله را اطراف یک جرم حساب کرد که بعدا پایه نظری سیاه‌چاله شد.
- از دیگر نتایج این معادلات پیشبینی انتشار امواج گرانشی بود توسط خود انشتاین بود.

**اما چیستی این معادلات و اینکه چه چیزی را توصیف می‌کردند هنوز شدیدا مورد بحث بود**

# تحول مشاهداتی کیهان‌شناسی مدرن

- در دو دهه‌ی اول قرن بیستم، تصور بر این بود که کهکشان‌ها سحابی‌های چرخان هستند. با مطالعه طیف آنها دیده شد که اکثر آنها در حال دور شدن از زمین با سرعت بسیار زیادی هستند. تا ۱۹۲۵ وستو اسلیفر (منجم آمریکایی در رصدخانه لاول) ۴۰ سحابی چرخان را مطالعه کرده و نتیجه گرفت که تقریبا تمام آنها در حال دوری از زمین هستند.

- هابل در همان سال با مطالعه فاصله کهکشان آندرومدا توسط متغیرهای قیفاووسی، به این نتیجه رسید که آندرومدا کهکشان دیگری است و با مطالعه فاصله سایر سحابی‌های چرخان اسلیفر، به این نتیجه رسید که هر چه فاصله کهشکان‌ها بیشتر می‌شود سرعتشان بیشتر می‌شود. او نتایجش را در سال ۱۹۲۹ به جامعه نجومی معرفی کرد:

$$v\left[\frac{km}{h}\right] = H_0\left[\frac{km}{h \times Mpc}\right] d[Mpc]$$

# تحول کیهان‌شناسی مدرن

- الکساندر فریدمن (۱۸۸۸ الی ۱۹۲۵)، هواشناس روسی توانست در سال ۱۹۲۲، اولین حل معادلات میدان انشتاین را برای فضایی همگن و همسانگرد، ارائه دهد.
- بعد از او لومتر، رابرتسون و والکر روی کلی‌ترین جواب برای چنین فضایی کارهای دقیق‌ترین بدست آوردند و ثابت کردند که کلی‌ترین جواب معادلات میدان انشتاین، برای فضای همگن و همسانگرد توسط متریک فریدمن، لومتر، رابرتسون و واکر امکان‌پذیر است:

$$-c^2\,\mathrm{d}\tau^2 = -c^2\,\mathrm{d}t^2 + a(t)^2\,\mathrm{d}\boldsymbol{\Sigma}^2$$

$$\mathrm{d}\boldsymbol{\Sigma}^2 = \frac{\mathrm{d}r^2}{1-kr^2} + r^2\mathrm{d}\boldsymbol{\Omega}^2, \quad \text{where } \mathrm{d}\boldsymbol{\Omega}^2 = \mathrm{d}\theta^2 + \sin^2\theta\,\mathrm{d}\phi^2.$$

- جواب‌های معادلات میدان انشتاین برای متریک فریدمن، لومتر، رابرتسون و واکر

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 + \frac{kc^2}{a^2} - \frac{\Lambda c^2}{3} = \frac{8\pi G}{3}\rho$$

$$2\frac{\ddot{a}}{a} + \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 + \frac{kc^2}{a^2} - \Lambda c^2 = -\frac{8\pi G}{c^2}p.$$

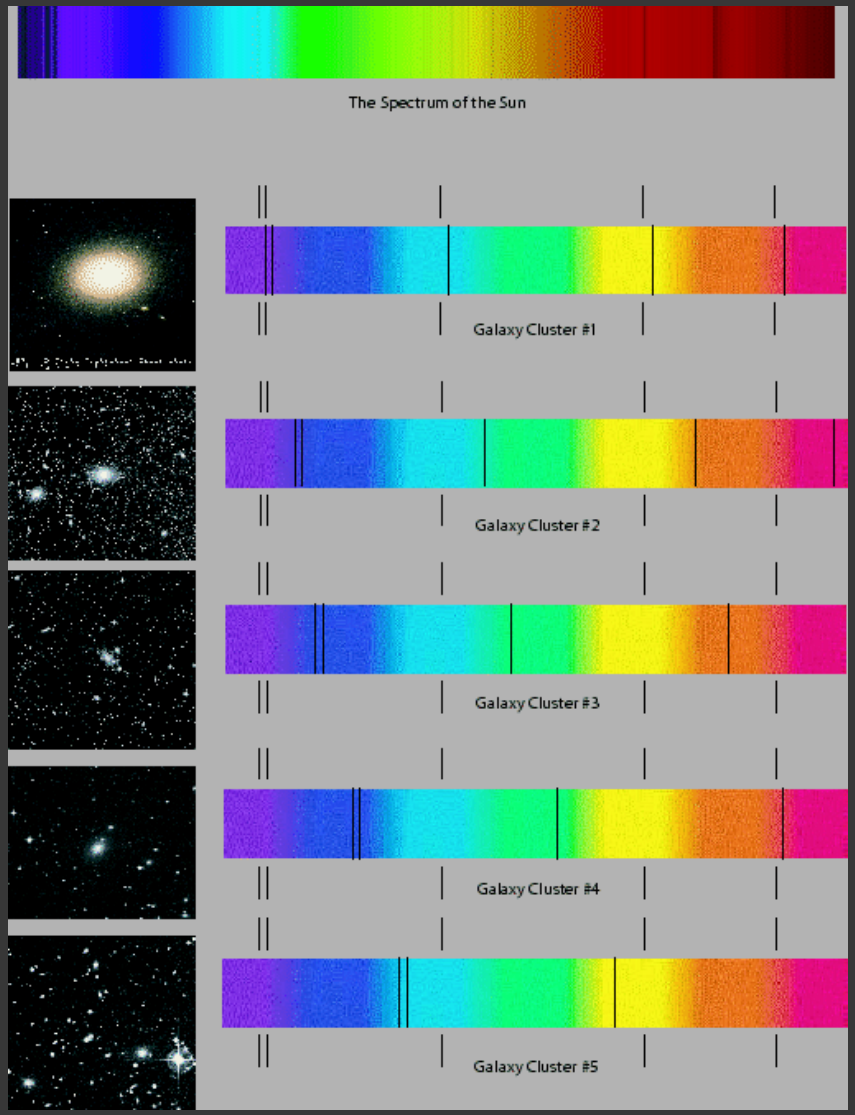
# قانون و ثابت هابل

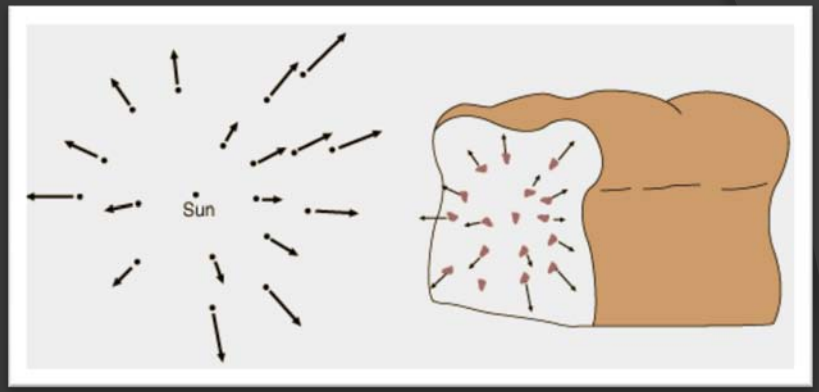
- به زبان ساده، قانون هابل می‌گوید که هر چه کهکشان دورتر باشد، سرعت دور شدن آن از ما به همان نسبت بیشتر می‌شود:

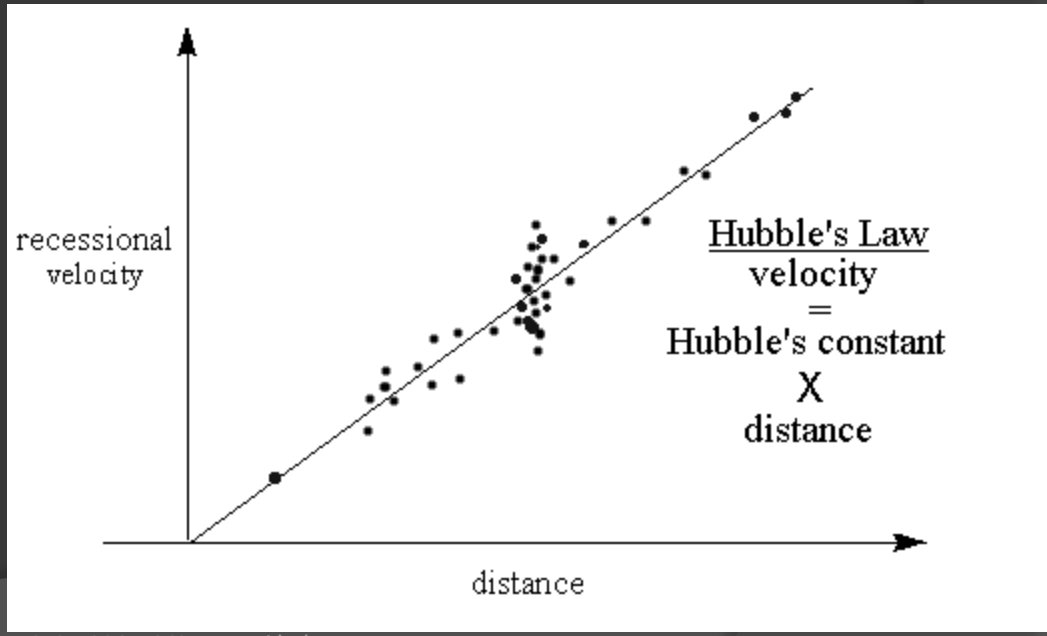
$$v\left[\frac{km}{h}\right] = H_0\left[\frac{km}{h \times Mpc}\right] d[Mpc]$$

- ضریب تناسب میان فاصله و سرعت در این معادله، به ثابت هابل معروف است.
- دقیق‌ترین مقدار برای ثابت هابل تا به حال ۳.۶ ± ۷۴.۲ کیلومتر بر ثانیه بر مگاپارسک است
- در حالتی خاص از حل فریدمن از معادلات انشتاین، دنیای منبسط شونده پیش‌بینی شده بود به همین جهت بود که انتشاین ثابت کیهان‌شناسی را وارد معادلات خود کرد تا دنیا را ثابت کند.
- بعد از انتشار قانون هابل در ۱۹۲۹، انشتاین در ۱۹۳۰ وارد کردن ثابت کیهان‌شناسی را بزرگترین اشتباه خود خواند و آن را از معادلات خود حذف کرد.

# قانون هابل

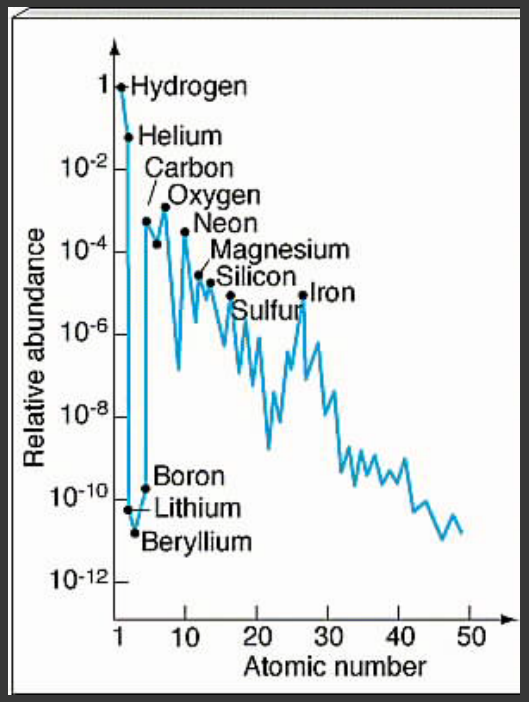

The Spectrum of the Sun
Galaxy Cluster #1
Galaxy Cluster #2
Galaxy Cluster #3
Galaxy Cluster #4
Galaxy Cluster #5

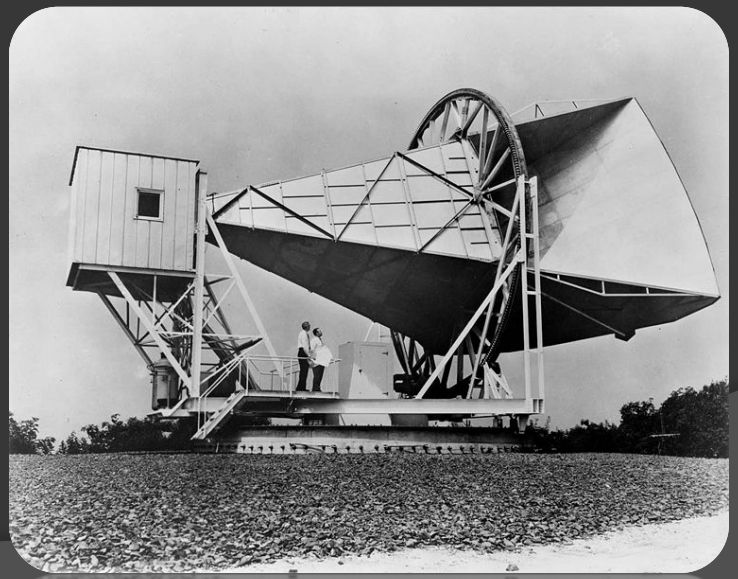

Sun


recessional velocity
distance
Hubble's Law
velocity
=
Hubble's constant
X
distance

# تابش زمینه‌ی کیهانی

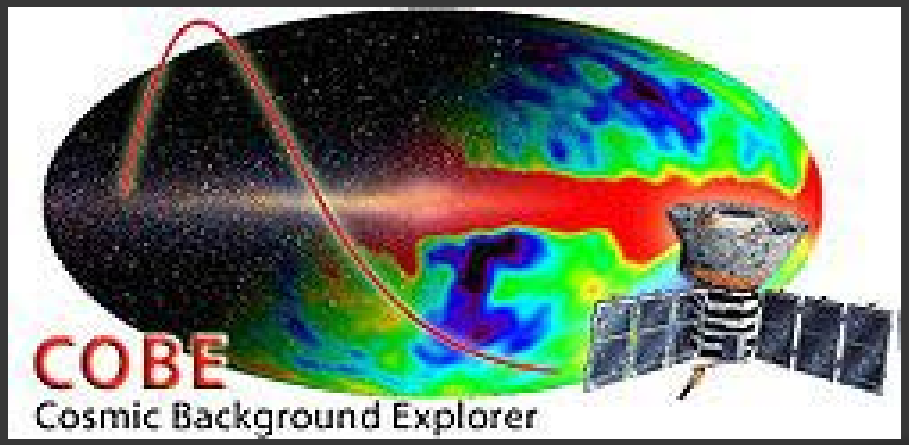
- هنگامی که هابل ثابت خود را معرفی کرد، پیشبینی خود او ۵۰۰ کیلومتر بر ساعت بر مگاپارسک بود، اما با این اندازه، عمر جهان $۱۰^{۹}$ سال پیشبینی می‌شد. که از عمر زمین هم کمتر بود.
- در سال ۱۹۴۶، جرج گامو برای توضیح منحنی توضیع عناصر این ایده را مطرح کرد که به دلیل دمای زیاد کیهان اولیه، همه‌ی عناصر در آن شرایط تولید شده‌اند.
- در همان سال ۱۹۴۶، گروهی دیگر در کمبریج، ایده جهانی استاتیک را مطرح کردند که در آن علاوه بر همگن بودن و همسانگرد بودن، دنیا در تمام زمان‌ها نیز یک‌سان بود.

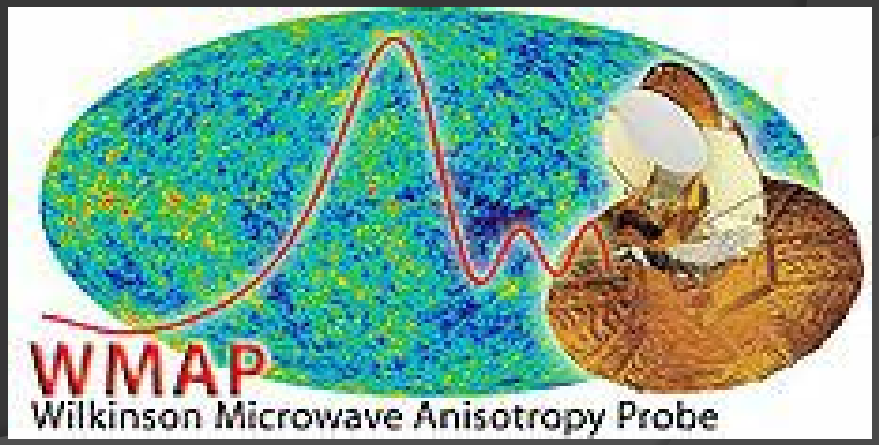


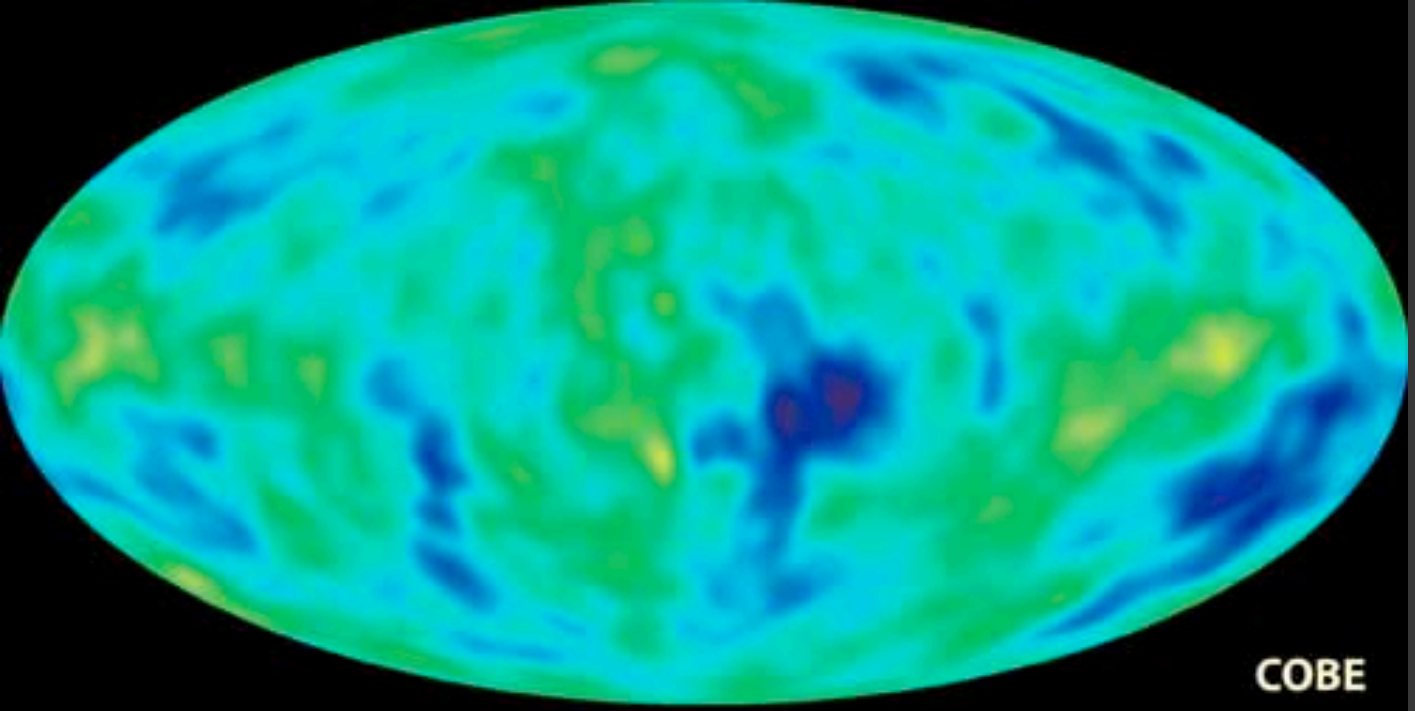



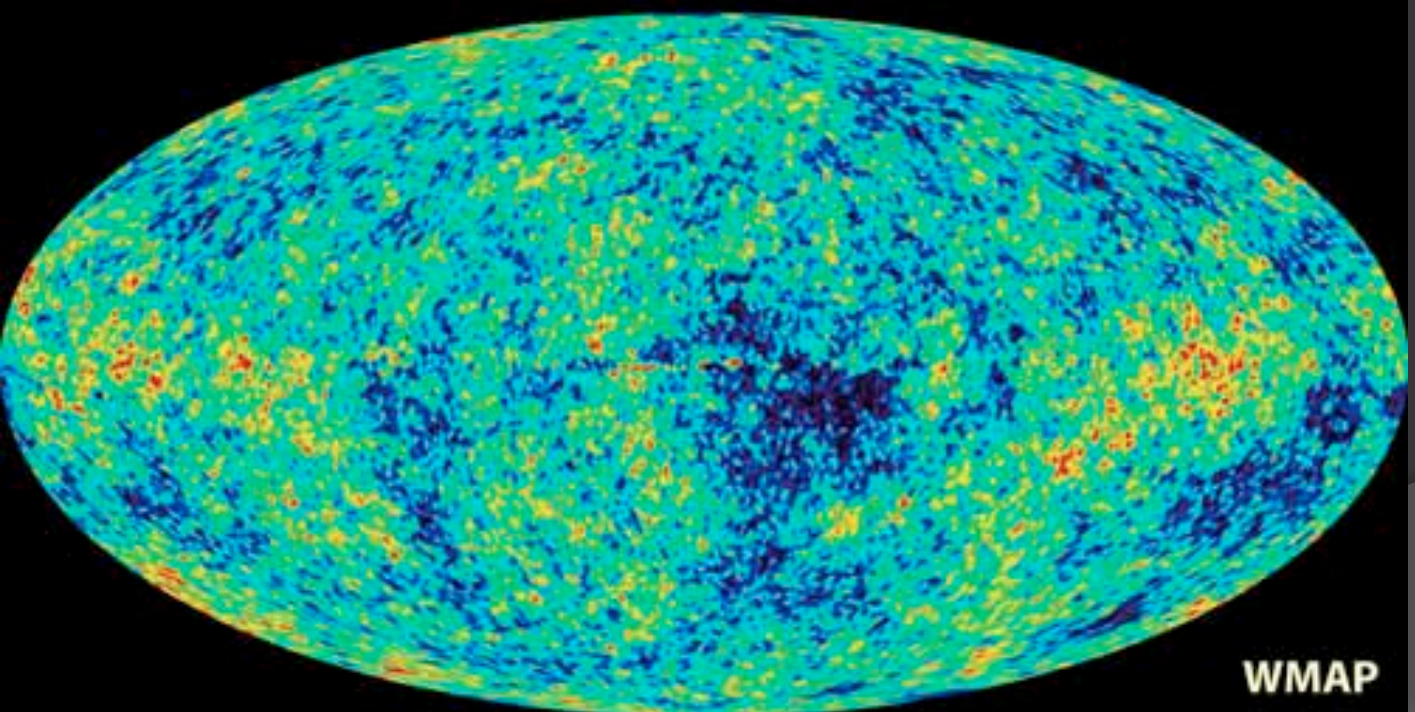
# تابش زمینه‌ی کیهانی

- با مطالعه دقیق‌تر این تابش در دهه‌ی ۱۹۷۰، دیده شد که تابش آن از نوع تابش جسم سیاه است؛ تابشی گرمایی که مدل پایستار نمی‌توانست توجیه کند.
- از آنجایی که این تابش مربوط به اولین زمان شفاف‌شدن گیتی بود، باید ناهمگنی‌های اولیه‌ی کیهان در آن نمودار می‌شدند اما مشاهدات آن زمان قادر به تفکیک آن نبودند.
- ماهواره کوبی (COBE)، در سال ۱۹۹۰ اولین بار توانست تابش زمینه‌ی کیهانی و ناهمگنی‌های موجود در آن را رصد کند و کیهان‌شناسی را به علمی عددی و تجربی تبدیل کند.
- در سال ۲۰۰۶ ماهواره WMap مشاهدات دقیق‌تر خود را از ناهمگنی‌های تابش زمینه‌ی کیهانی منتشر کرد و از آن سال، کیهان‌شناسی از پررجوع‌ترین شاخه‌های تجربی فیزیک تبدیل شده است.



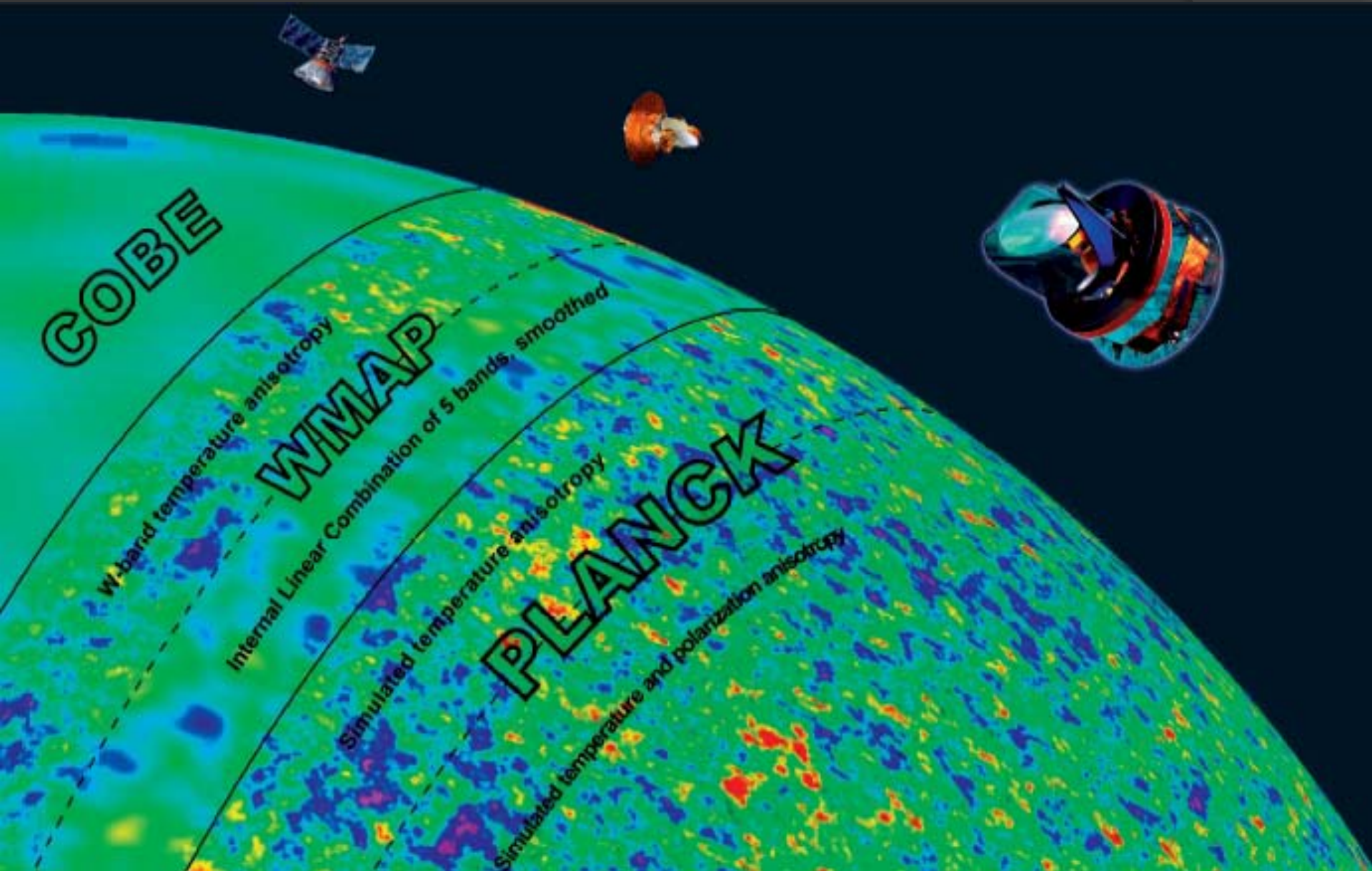


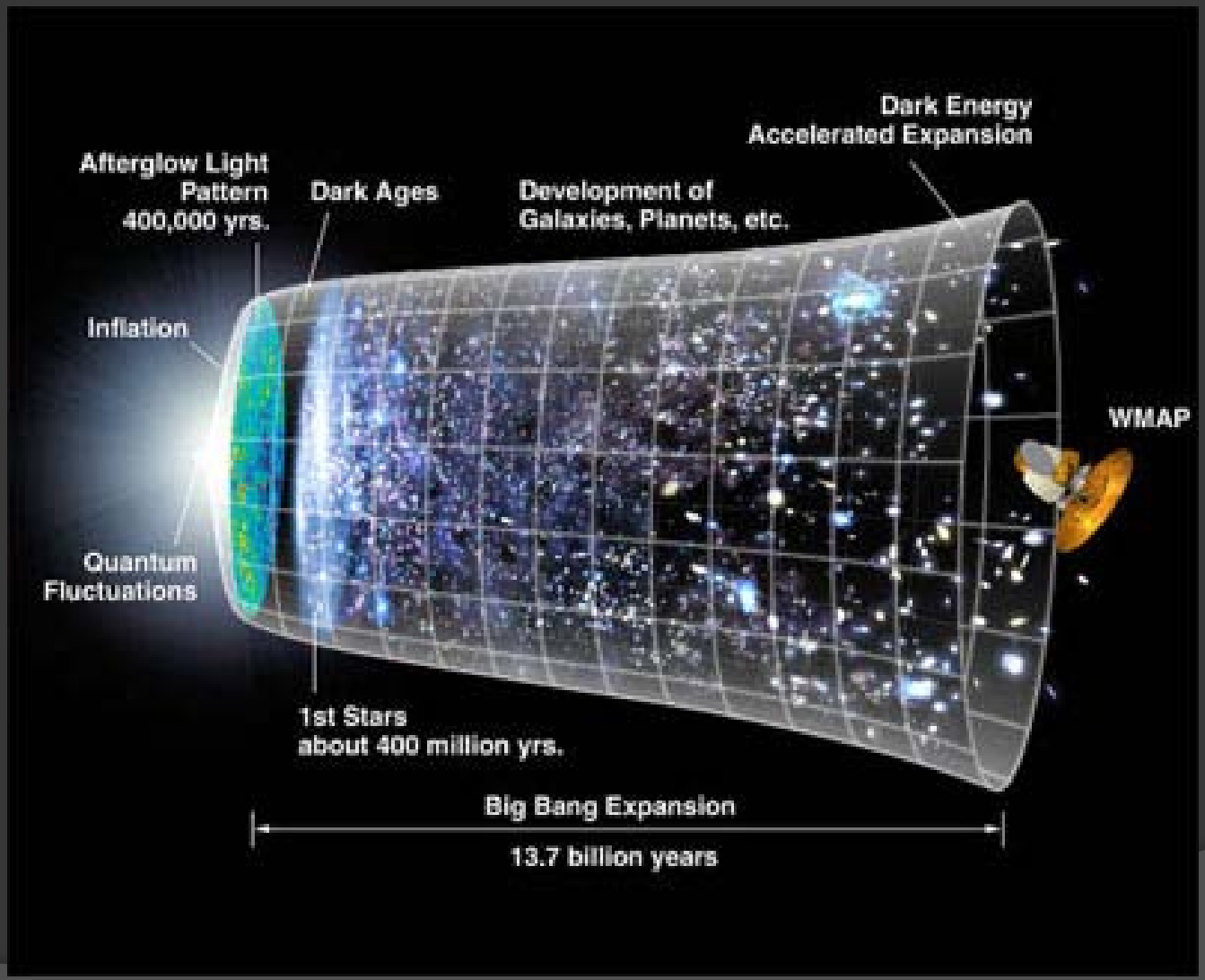

# تصویر

# COBE
# و
# WMAP

# مقایسه دقت مشاهدات

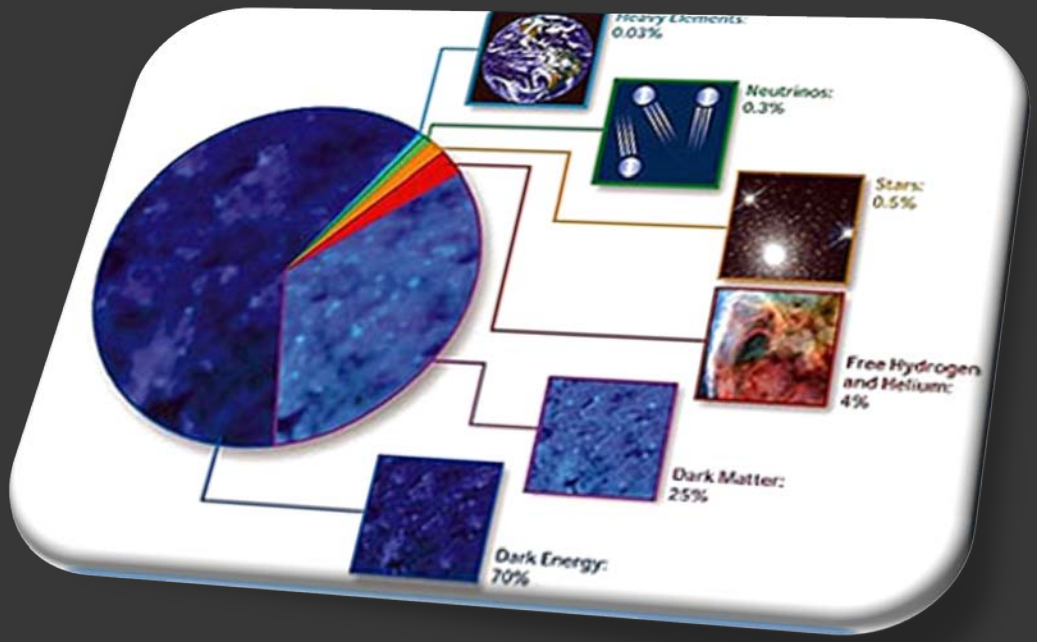


# موقعیت تابش زمینه‌ی کیهانی در کیهان‌شناسی




در کیهانشناسی شدیدا تحت تاثیر مشاهدات ماهواره های کوبی و WMap می باشد، این دو ماهواره بودند که برای اولین بار دادهٔ قابل تحلیل در مورد کیهانشناسی دادند

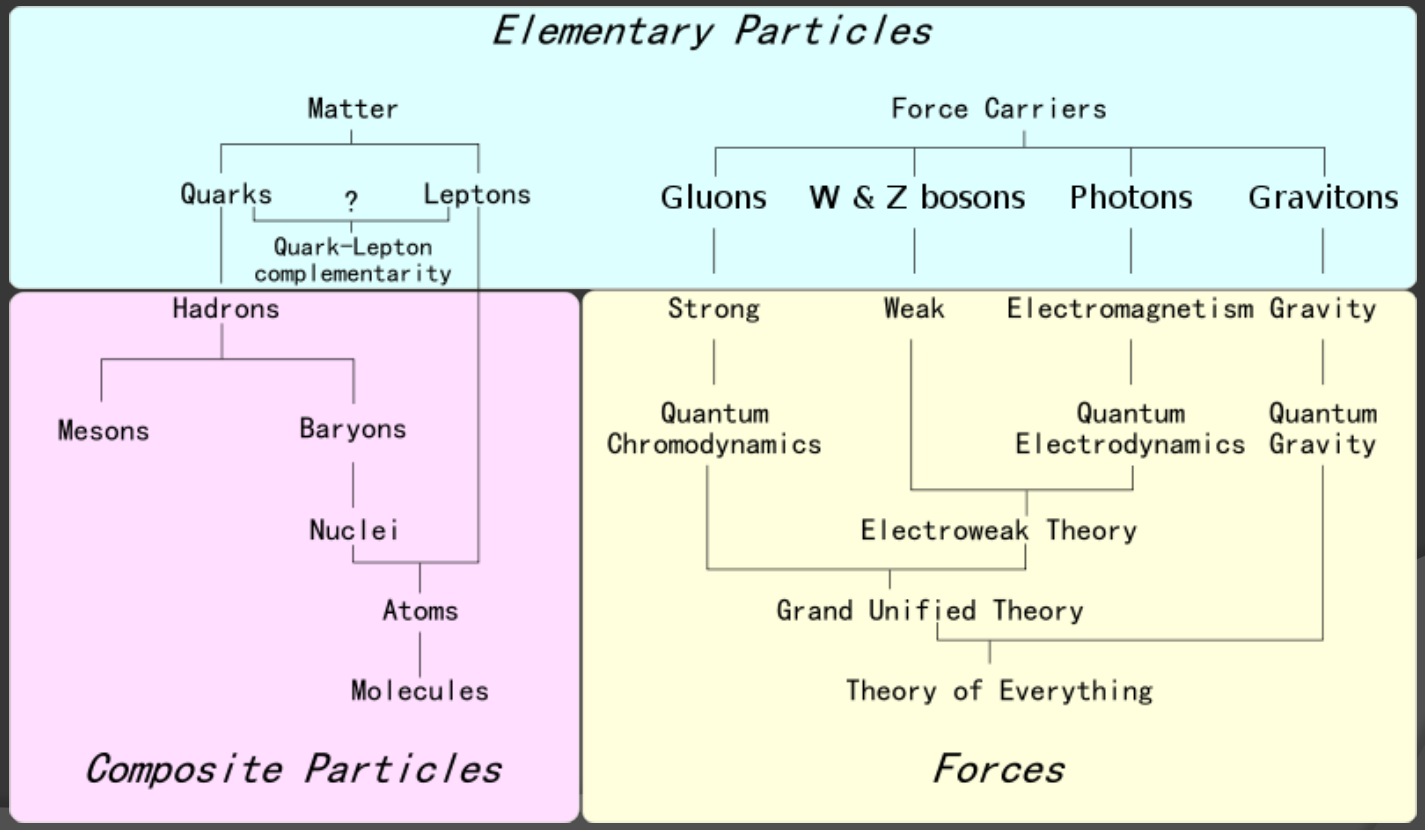
# چگالی ثابت کیهان‌شناسی (انرژی تاریک)




- بعد از مشاهدات هابل، انشتاین در ۱۹۳۱ ثابت کیهان‌شناسی را از معادلات خود برداشت.
- در سال ۱۹۹۸ میلادی، گروهی از دانشمندان که روی ابرنواخترهای نوع ۱ کار می‌کردند، دیدند که ابرنواخترهای دور، کم‌نورتر از مقدار پیش‌بینی شده دیده می‌شوند.
- آنها به این نتیجه رسیدند که کیهان در حال شتاب‌گرفتن است و برای توجیه این شتاب نیاز است تا دوباره ثابت کیهان‌شناسی را وارد معادلات کرد، آنها پیش‌بینی کردند که ۷۰ درصد جرم گیتی را فشار ناشی از ثابت کیهان‌شناسی (انرژی تاریک) گرفته است.

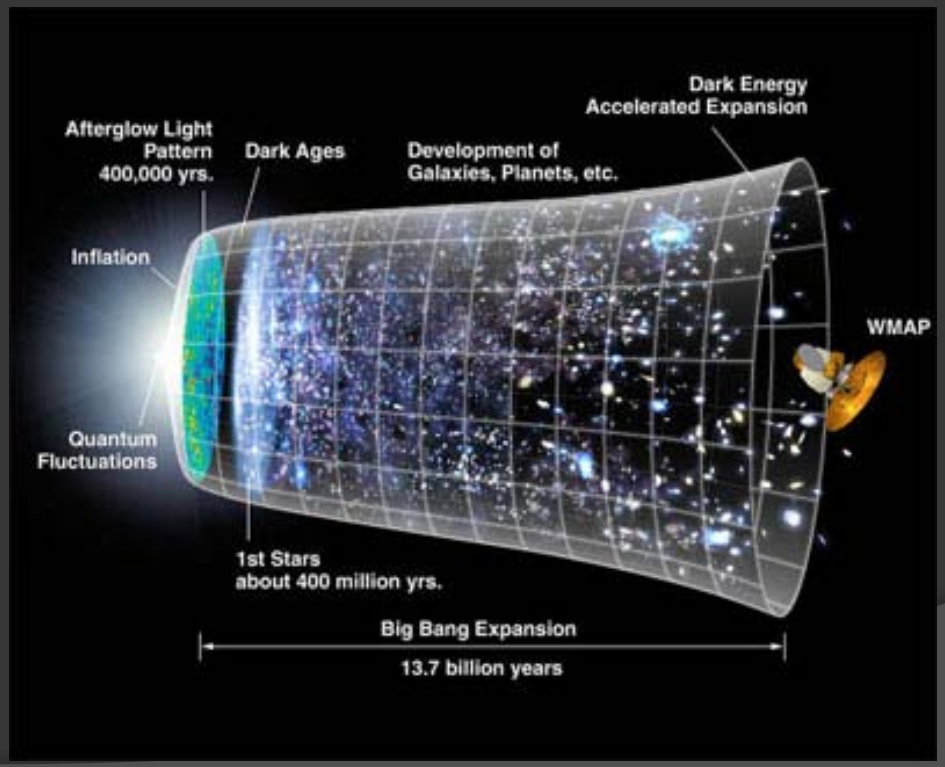
# ذرات بنیادین

- تمام ذرات بنیادین یا لپتون هستند یا بوزون. ذرات مادی از لپتون‌ها تشکیل شده‌اند با اسپین نیم. ذراتی که منتقل‌کننده‌ی نیروهای بنیادین هستند، با اسپین یک، بوزون هستند.



# مسیر زمانی کیهان‌شناسی

- بر اساس بهترین تخمین‌ها عمر جهان حدود ۱۳.۷میلیارد سال است.
- فیزیک لحظه‌های اول گیتی بسیار ناشناخته است و بهترین شتابدهنده‌ها قادر به تولید انرژی در آن حد نیستند تا نظریات اثبات یا رد شوند.



# دوره پلانک (از صفر تا $10^{-43}$ ثانیه)

- طبق مکانیک کوانتم، ما نمی‌توانیم طول‌های کمتر از طول پلانک ($10^{-35}$ x ۱.۶۱۶ متر) و کمتر از زمان پلانک حدود $10^{-43}$ثانیه را اندازه‌گیری یا شناسایی کنیم. مگر اینکه وحدت میان گرانش و کوانتم را بشناسیم
- در این دوره اختشاشات کوانتمی شدیدا تاثیرگذار بودند و احتمالا گرانش به اندازه سایر نیروها قدرت داشته است.
- همین باعث می‌شود دانشمندان اعتقاد داشته باشند نیروها در آن زمان وحدت داشته‌اند و به علت شکستگی ابرتقارن در ذرات بنیادی این نیروها از هم جدا شدند.
- دانشمندان امیدوارند توسطماهواره پلانک و شتابدهنده سرن اطلاعات خود را به این زمان نزدیک‌تر کنند).

# دوره وحدت بزرگ ($10^{-43}$ تا $10^{-36}$ ثانیه)

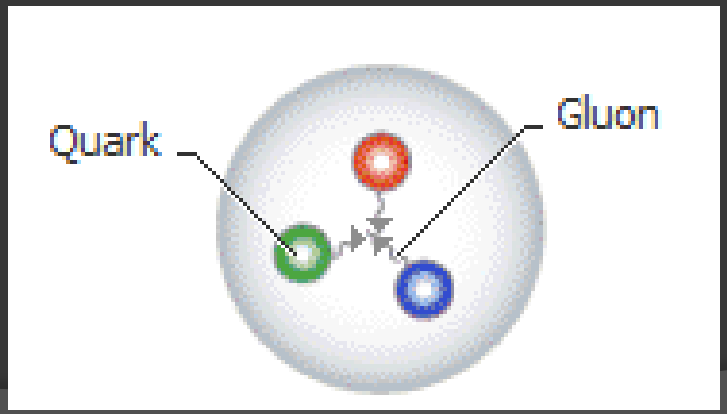
- اگر نظریه وحدت بزرگ (وحدت میان نیروهای الکترومغناطیسی، هسته‌ای ضعیف و هسته‌ای قوی) درست باشد، در این دوره وحدت میان این سه نیرو وجود داشته ولی گرانش جدا شده بود.
- در این صورت دمای گیتی در آن لحظه $10^{27}$ درجه کلوین بوده است
- در این دوره هنوز جرم، بار و سایر خصوصیات ذرات بنیادین وجود نداشتند
- با پایان این دوره، نیرو هسته‌ای قوی از دو نیروی دیگر جدا شد
- احتمال دارد طی اختلالاتی که در همین دوره در جدایی انرژی هسته‌ای قوی انجام شده، مقدار پادماده از ماده کمتر شده است.
- احتمالا همین اختلال فاز باعث تورم بعدی شده است.

# دوره تورم ($10^{-36}$ تا $10^{-32}$ ثانیه)

- اصلی‌ترین مشکل نظریه‌ی انفجار بزرگ این بود که دنیا نمی‌توانست تخت، همگن و همسانگرد باشد، نظریه تورم برای حل این مشکل ارائه شد.
- انرژی اصلی پیشران در تورم، چگالی ثابت کیهان‌شناسی (یا انرژی خلاء) بوده است.
- طبق این نظریه گیتی مانند یک سیاه‌چاله برعکس کار کرده است، که افق رویداد آن همان مرز گیتی ماست.
- در این دوره همه مقیاس‌ها و اندازه‌ها ناگهان $10^{26}$ برابر شد.
- در این دوره جهان ناگهان از حالتی بسیار خمیده به دنیایی همگن و همسان‌گرد تبدین شد که فضا-زمان در آن به صورت تخت قرار دارند.
- اختلالات کوانتمی که در مقیاسی بسیار کوچک اثر می‌کردند طی تورم ناگهان بزرگ شدند و در آینده به تشکیل ساختارهایی مانند خوشه‌های کهکشانی انجامیدند.
- از لحاظ مشاهداتی، هر چه همسانگردی و همگنی دنیا دقیق‌تر ثابت شود، تاییدی بر روی دادن دوره تورم است.

# دوره الکتروضعیف ($10^{-36}$ تا $10^{-12}$ ثانیه)

- بعد از تورم، کل گیتی مخلوطی از کوارک‌ها و گلوآن‌ها بود. از این دوره به بعد فیزیک قادر به جواب‌های نسبتا دقیقی است.
- دما به اندازه‌ای پایین آمده بود که نیروی قوی از دو نیروی دیگر جدا شوند.
- انرژی پتانسیل گیتی در این دوره باعث تورم شد.
- در شکل زیر می‌توانید ساختار داخلی یک پروتون را ببینید کل گیتی یک هسته مانند پروتون بود:



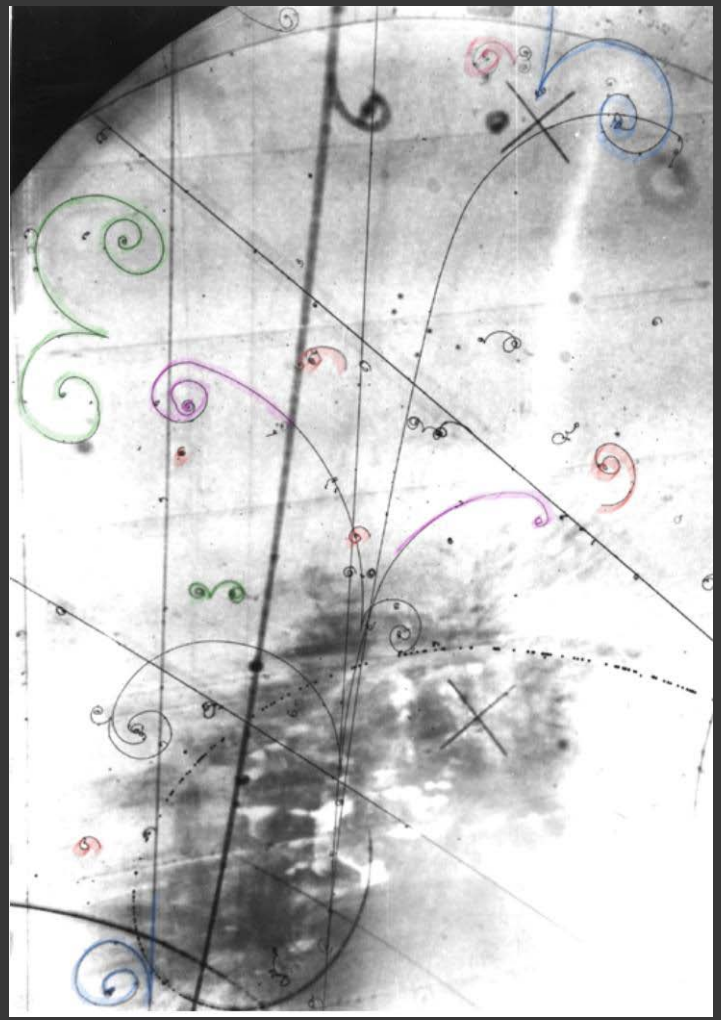
# دوره کوارک ($10^{-12}$ تا $10^{-6}$ ثانیه)

- با شکستن تقارن الکتروضعیف، تمام ذرات از طریق مکانیسم هیگز جرم‌دار می‌شوند؛ بوزون هیگز، از اختلالات کوانتمی خلاء جرم پیدا می‌کند
- به دلیل پایین آمدن دما در این دوره چهار نیروی بنیادین؛ گرانش، الکترومغناطیس، هسته‌ای ضعیف و هسته‌ای قوی از هم جدا شدند.
- اما دما هنوز برای متصل شدن کوارک‌ها به هم زیاد است

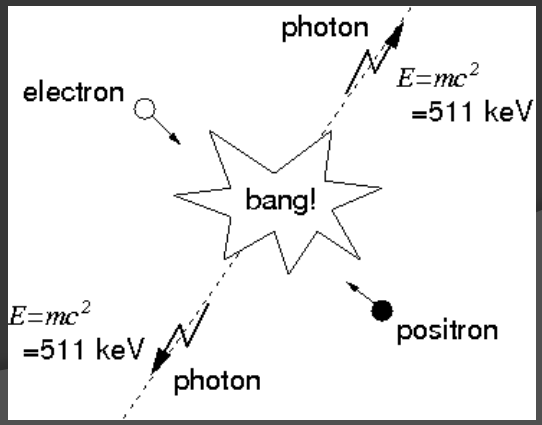
# دوره هادرون‌ها ($10^{-6}$ تا ۱ ثانیه)

- دما به اندازه‌ای پایین می‌آید که هادرون‌ها (از جمله باریون‌هایی مانند پروتون و نوترون) می‌توانند تولید شوند
- در پایان این دوره نوترینوها آزاد می‌شوند و دیگر می‌توانند آزادانه در گیتی حرکت کنند. اما احتمال مشاهده‌ی این تابش زمینه‌ی نتریونویی خیلی سخت است.

# دوره‌ی لپتون‌ها (۱ تا ۱۰ ثانیه)

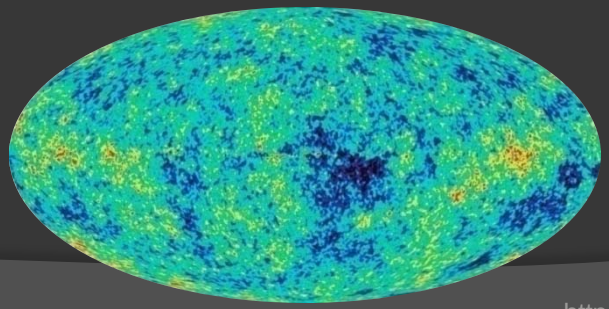


- لپتون‌ها تشکیل می‌شوند و به دلیل اینکه هادرون‌ها و پادهادرون‌ها همدیگر را از بین برده‌اند، اکثر دنیا را لپتون‌ها کامل می‌کنند.
- با گذر عمر جهان از ده ثانیه، دما دیگر اجازه تولید لپتون‌ها را نمی‌دهد و در نتیجه برخورد ماده-پادماده با هم، اکثریت لپتون‌ها نیز به نور تبدیل می‌شوند.
- از این به بعد بیشتر جرم گیتی را فوتون‌ها در اختیار داشتند.



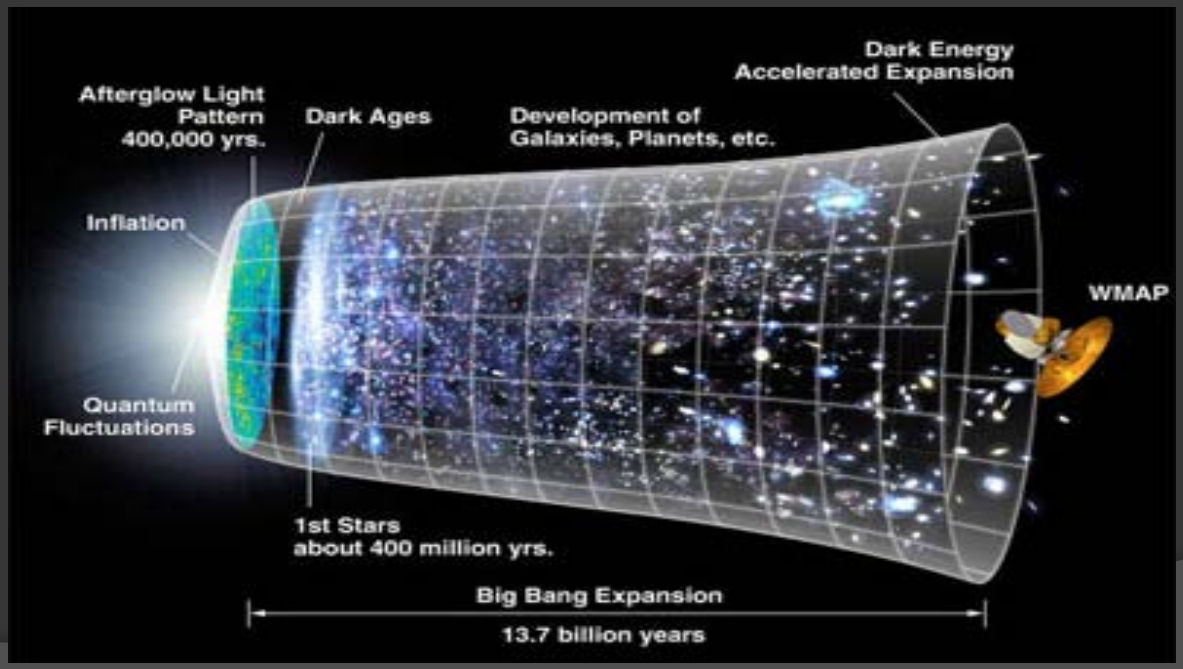
# دوره فوتون (۱۰ثانیه تا ۳۸۰هزار سال)

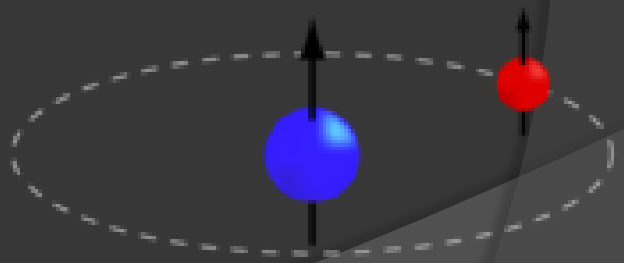
- از ۳ دقیقه تا ۲۰ دقیقه اول این دوره، هسته‌های هیدروژن و هلیوم تشکیل می‌شوند؛ دما هنوز به قدری بالاست که همجوشی هسته‌ای می‌تواند انجام شود.
- تا بیشتر از ۳۰۰هزار سال اول عمر گیتی، گیتی پلاسمایی مخلوط از هسته‌ها، الکترون‌ها و فوتون بود که شدیدا با هم برهمکنش داشتند.
- در این دوره جرم هسته‌های هیدروژن چهاربرابر هسته‌های هلیوم است
- فوتون‌ها به قدری انرژی دارند که اجازه ندهند الکترون در مدار به دور هسته‌ها بچرخد.
- در فاصله ۲۴۰هزار تا ۳۱۰هزار سال، دما به اندازه‌ای خنک می‌شود که فوتون‌ها نتوانند الکترون‌ها را از هسته‌ها دور نگه دارند و در نتیجه اولین اتم‌ها تشکیل می‌شوند.
- تابش زمینه کیهانی مربوط به آخرین مراحل این دوره است.



# دوره تاریک (اواخر دوره‌ی فوتون)

- در این دوره انرژی فوتون‌ها به اندازه‌ای نبوده که تغییری در مدارهای الکترون‌ها ایجاد کند در نتیجه تنها تابشی که وجود داشت، تابش ۲۱سانتیمتری اتم هیدروژن بود و سایر فوتون‌ها (که بعدا تابش زمینه‌ی کیهانی را تشکیل دادند) در دنیا آزاد بودند.
- در صورت همراسا بودن اسپین الکترون و پروتون، انرژی اتم هیدروژن کمی بیشتر خواهدبود، همین اختلاف منشاء تابش ۲۱سانتیمتری هیدروژن است که در نجوم کاربردهای بسیار زیادی دارد.



# تشکیل ساختار

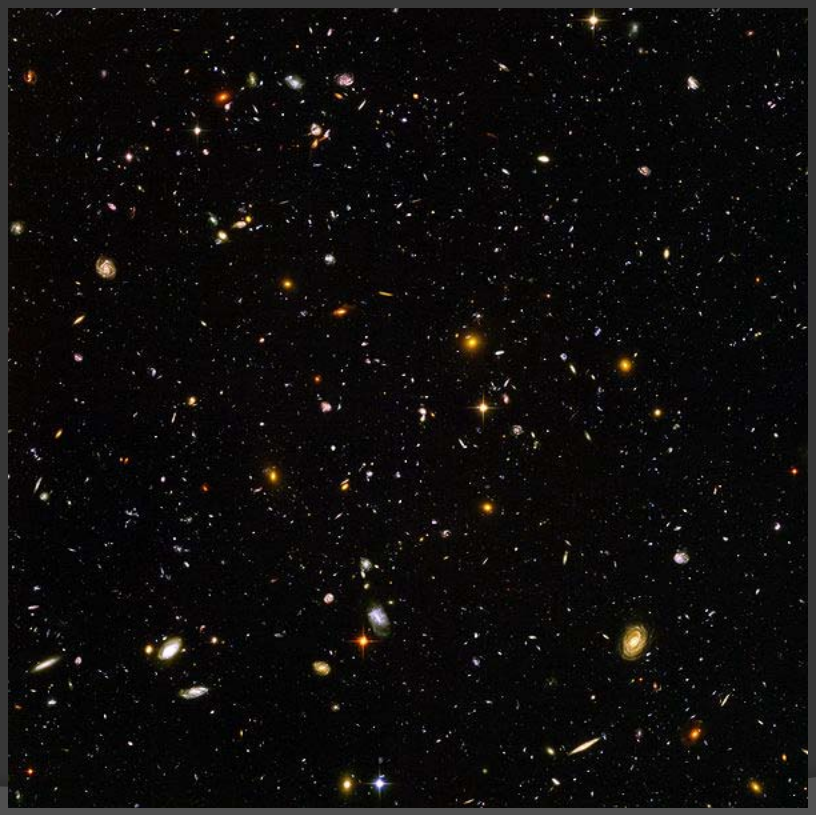
- در دوره تاریکی، اتم‌های خنثی هیدروژن گیتی را فرا گرفته بودند
- در گیتی، ساختارها از کوچک به بزرگ تشکیل شدند
- شکل سمت راست، عکس عمیق هابل است و عکس راست دو کهکشان در حال شکل‌گیری هر دو توسط تلسکوپ فضایی هابل گرفته شده‌اند:

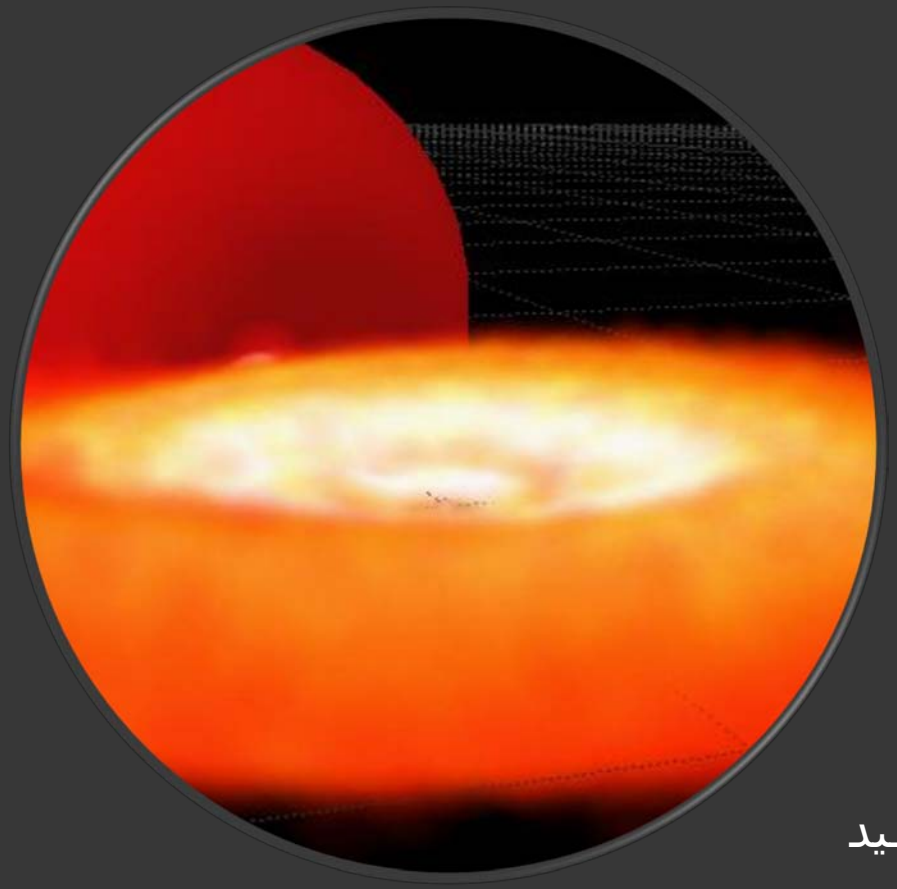
# یونیزاسیون دوباره (۱۵۰ میلیون تا ۱ میلیارد سال)

- اولین اجرام تشکیل شده در گیتی احتمالا کوازارها، هسته‌های کهکشانی فعال و ستاره‌های نوع سوم (بدون عناصر سنگین) بودند.
- در شکل میانی یک مرکز فعال کهکشانی را می‌بینید که جتی به طول ۵هزار سال نوری تولید کرده است! دو عکس راست (کوازار) و چپ (ستاره‌های نوع سوم) خیالی هستند.
- تابش‌های قوی این منابع الکترومغناطیس، گیتی را دوباره تا حدی یونیزه کرد.

# تشکیل کهکشان‌ها (حدود ۱ میلیارد سال)

- عکس زیر عمیق‌ترین عکس تلسکوپ فضایی هابل است که کهکشان‌های اولیه را در ۱۳میلیارد سال نوری نشان می‌دهد، برای این عکس، دوربین هابل از ۲۴سپتامبر ۲۰۰۳ تا ۱۶ژانویه ۲۰۰۴ نوردهی می‌کرد.





## با تشکر فراوان

از شما، دوستان عزیزی که در این برنامه شرکت کردید...

امیدوارم استفاده لازم را برده باشید