منظومه شمسی

Magda Stavinschi[1], Beatriz García[2], Andrea Sosa[3]

1 Instituto Astronómico de la Academia Rumana (Bucarest, Rumania)
2 Instituto de Tecnologías en Detección y Astroparticulas y UTN Mendoza
3. Universidad de la República, Uruguay

خلاصه

بدون شک در عالم هستی که مجموعه ای گسترده از ستاره ها، سیارات، منظومه های خورشیدی و سیارات فراخورشیدی است، منظومه شمسی شناخته شده ترین سیستم است. می توان گمان کرد که همه می دانند خورشید چیست و سیارت، دنباله دار ها و سیارک ها را می شناسند. اما آیا واقعا این گونه است؟ اگر بخواهیم منظومه ی شمسی را از دیدگاه علمی بشناسیم، در ابتدا می بایست قوانین تعریف یک سیستم را بدانیم.
اجرام در منظومه ی شمسی ، بنابر تصویب اتحادیه بین المللی ستاره شناسی در 24 آگوست 2006 به صورت زیر دسته بندی می شوند:

- سیارات
- قمرهای طبیعی سیارات
- سیارات کوتوله
- سایر اجرام کوچک: سیارک ها، شهاب ها، دنباله دار ها، گردو غبار، اجرام کمربندکوییپر و... .

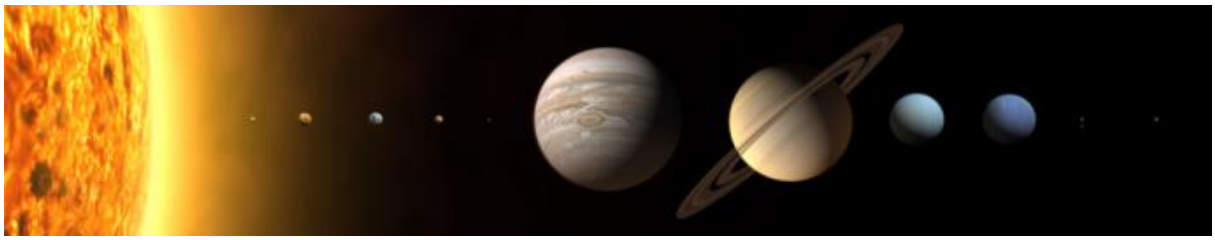
- به صورت گسترده، هر ستاره ای که پیرامون آن اجرام سماوی قرار دارد و از قوانینی، مشابه با قوانین منظومه شمسی، پیروی می کند، به عنوان منظومه فراخورشیدی شناخته می شود. حالی سوالی که در اینجا پیش روی ما قرار می گیرد این است: جایگاه منظومه شمسی در کیهان چیست؟ اما تنها همین یک سوال وجود ندارد. در این بخش تلاش خواهیمکرد تا ویژگی های منظومه ی شمسی و سایر منظومه ها را معرفی نماییم.

اهداف

دانستن جایگاه خورشید در منظومه شمسی
دانستن اینکه چه اجرامی منظومه شمسی را می سازند
شناخت جزییات اجرام متفاوت منظومه شمسی، به ویژه اجرام شاخص

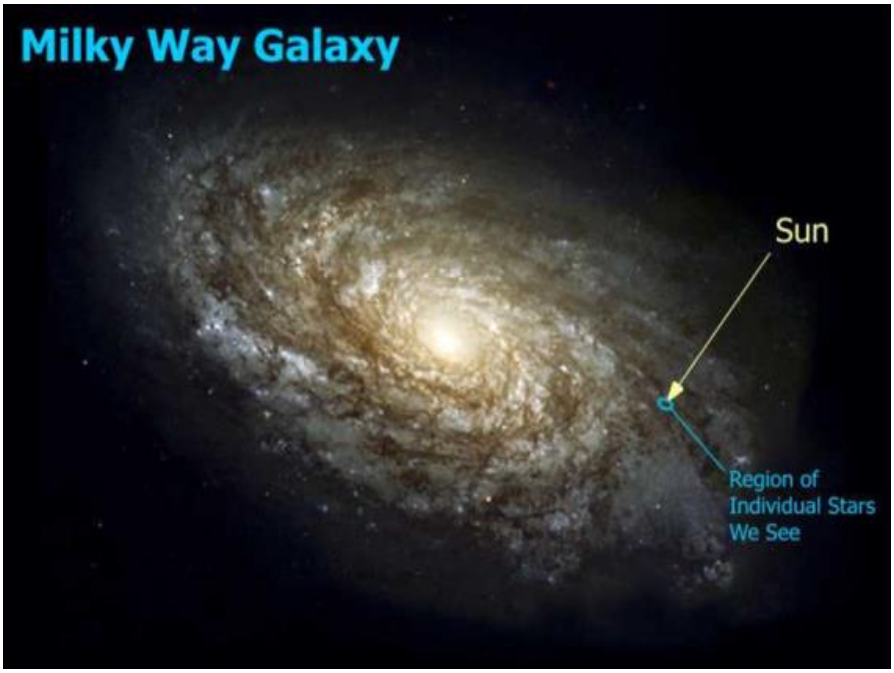
منظومه شمسی

یک منظومه به وسیله ی مجموعه ای از عناصر(اصول، قوانین، نیروها و...) که براساس یک سری از اصول یا قوانین با هم برهمکنش دارند، تعریف می شود.
منظومه ی شمسی به صورت مجموعه ای متشکل از یک ستاره ی مرکزی به نام خورشید، به همراه سایر اجرام که توسط نیروی گرانش به دور آن قرار گرفته اند، تعریف می شود



شکل 1: اجزای اصلی منظومه شمسی براساس مقیاس اندازه

منظومه ی شمسی در یکی از بازوهای خارجی کهکشان راه شیری با نام بازوی شکارچی قرار دارد. در این ناحیه چگالی ستاره ای نسبتا کم است.



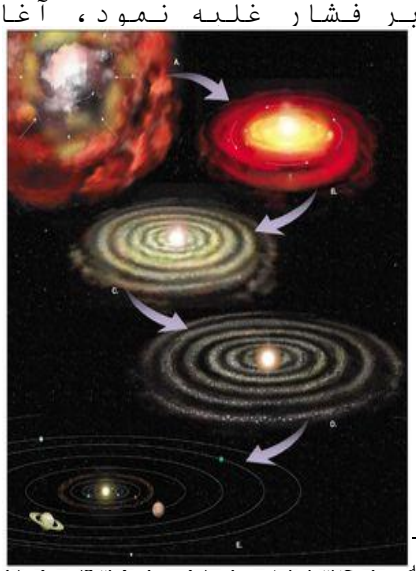
شکل2: محل منظومه شمسی در کهکشان (این تصویر شبیه سازی است)

خورشید به همراه منظومه شمسی، به دور مرکز کهکشان راه شیری که در فاصله ی 25.000 تا 28.000 سال نوری(تقریبا نیمی از شعاع کهکشان) قرار دارد، در حال چرخش است. مدت زمان لازم برای این چرخش که در یک مدار دایره ای شکل با سرعت 220 کیلومتر بر ثانیه به سمت موقعیت فعلی ستاره ی نسرواقع(وگا) صورت می گیرد، 225 تا 250

میلیون سال است.(سال کهکشانی منظومه شمسی). کهکشان ما با قطری در حدود 100.000 سال نوری، از بیش از 200 میلیارد ستاره به همراه سیاراتشان و بیش از 1000 سحابی تشکیل شده است. جرم کل آن ها، به صورت تقریبی 1000 میلیارد بیشتر از جرم خورشید است.
منظومه ی آلفا- قنطورس(پرنورترین ستاره ی صورت فلکی قنطورس)، نزدیک ترین سیستم به منظومه شمسی، متشکل از سه ستاره، یک ستاره ی دوتایی(آلفا قنطورس A و B) مشابه خورشید، که در فاصله ی 0.2 سال نوری به دور کوتوله ی قرمز کم نوری، که آلفا قنطورس C، نامیده می شود، در حال چرخش هستند. این کوتوله با نام پروکسیما قنطورس، در فاصله ی 4.25 سال نوری، نزدیک ترین ستاره به خورشید است. کهکشان ما، بخشی از گروه کهکشانی با نام گروه محلی است. گروه محلی از سه کهکشان بزرگ و 30 کهکشان کوچک تر تشکیل شده است. بازوهای مارپیچی از انتهای میله خارج شده و از مجموعه ای از ستاره ها تشکیل شده اند، میان سایر اجرام، ماده ی میان ستاره ای، سحابی و ستارگان جوانی وجود دارند که به صورت پیوسته در حال تشکیل هستند.مرکز کهکشان شامل مجموعه ای از ستارگان پیر در گروه های کروی شکل است. در کهکشان ما حدود 200 گروه از این نوع وجود دارد که تا کنون 150 عدد از آن ها شناسایی شده اند. این گروه ها به صورت عمده پیرامون مرکز کهکشان متمرکز هستند. منظومه شمسی در حدود 20 سال نوری بالاتر از صفحه ی استوایی کهکشان و در حدود 28.000 سال نوری از مرکز آن قرار دارد. مرکز کهکشان راه شیری در امتداد صورت فلکی قوس و در فاصله ی 25.000 تا 28.000 سال نوری از خورشید قرار دارد.

پیدایش منظومه ی شمسی

براساس مدل استاندارد، منظومه شمسی 4.6 میلیارد سال پیش بر اثر برهم کنش های گرانشی بین گاز میان ستاره ای و ابر غبار شکل گرفت. ریزش ابر، بر اثر یک اختلال شدید(احتمالا ناشی از یک ابرنواختر)، که در نتیجه نیروی گرانش بر فشار غلبه نمود، آغاز شد.



شکل3: طرحی از شکل گیری م نظریه استاندارد، براساس فرضیه سحابی که نخستین بار توسط کانت ولاپلاس در قرن17 پیشنهاد شد.

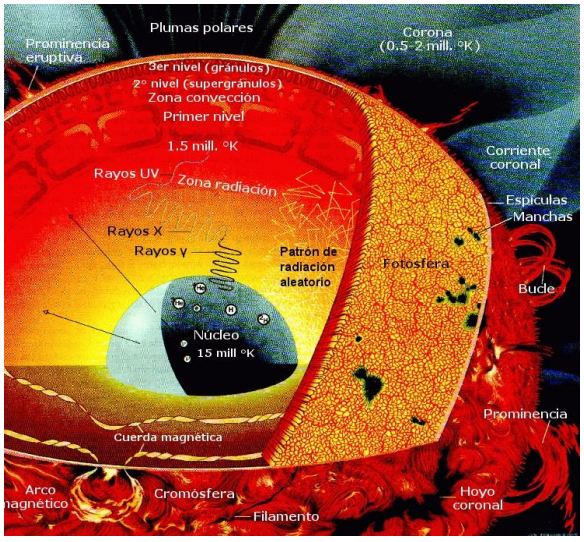
ثثثبپایستگی اندازه حرکت زاویه ای موجب شد که ابر اولیه سریع و سریع تر چرخیده و در مرکز آن پیش ستاره و در پیرامون آن دیسک های گاز و غبار پیش سیارات شکل بگیرند. در دیسک پیش سیاره ای، خرده سیاره های کوچک به خورده ، طی فرایند جمع شدن، سیاره را شکل داد.
فرضیه سحابی اولیه، در سال 1755 توسط امانوئل کانت و به صورت جداگانه توسط پیر-سیمون لاپلاس پیشنهاد شد.
نظریه استاندارد(بر پایه فرضیه پیشنهادی توسط کانت و لاپلاس) پیش سیاره و مدار شبه دایره ای را توصیف می کند و با مشاهدات حاصل از چندن سیستم سیاره ای پیرامون ستاره های دیگر نیز انطباق دارد.

خورشید

خورشید ستاره ای با جرم متوسط و عمری نزدیک به 4.6 میلیارد سال است. هم اکنون خورشید در میانه ی چرخه ی تکامل خود قرار دارد؛ یعنی در هسته ی آن بر اثر فرایند هم جوشی هسته ای، هیدورژن به هلیوم تبدیل می شود. در هر ثانیه، در هسته ی خورشید، بیش از 4 میلیون تن ماده به عناصر سنگین تر و انرژی، نه تنها هلیوم، هم چنین نوترینو و امواج الکترومغناطیس تبدیل می شود.

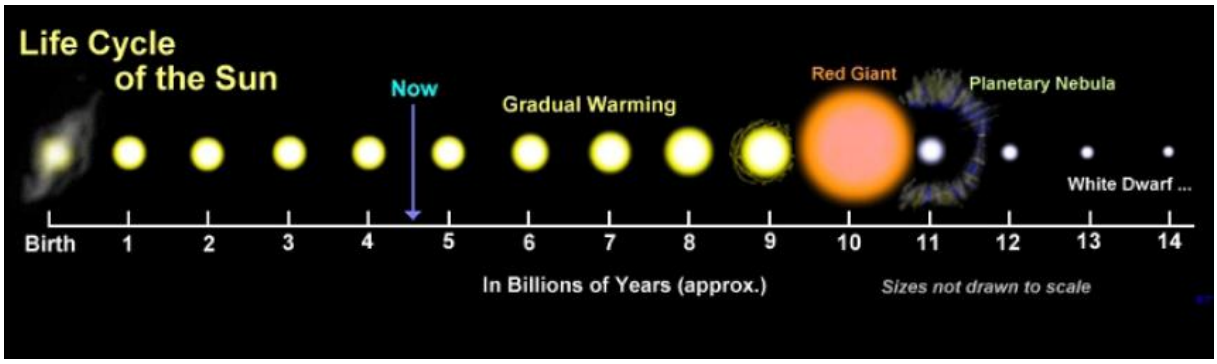
خورشید به صورت عمده از هیدورژن(74%) ، هلیوم(25%) و به مقدار اندکی عناصر سنگین تشکیل شده است.

شکل3 : خورشید در بخش فروسرخ



شکل 4: ساختار داخلی خورشید

چرخه ی زندگی خورشید

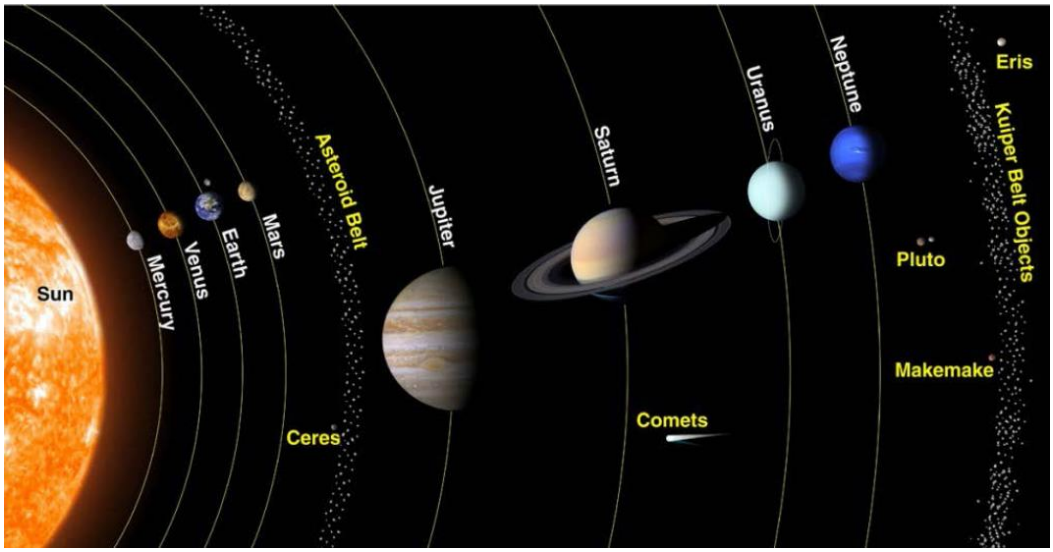


شکل 5. چرخه ی زندگی ستاره از پیش ستاره تا کوتوله سفید

خورشید ستاره ای با جرم متوسط و عمری نزدیک به 4.6 میلیارد سال است. هم اکنون خورشید در میانه ی چرخه ی تکامل خود قرار دارد؛ یعنی در هسته ی آن بر اثر فرایند هم جوشی هسته ای، هیدورژن به هلیوم تبدیل می شود. در هر ثانیه، در هسته ی خورشید، بیش از 4 میلیون تن ماده به عناصر سنگین تر و انرژی، نه تنها هلیوم، هم چنین نوترینو و امواج الکترومغناطیس تبدیل می شود.

سیارات

برای دسته بندی سیارات، ما از تعریفی که توسط 26 امین مجمع عمومی اتحادیه بین المللی ستاره شناسی در سال 2006 در پاراگوئه ارائه شد، استفاده می کنیم.



شکل6: اعضای منظومه شمسی (مقیاس در عکس رعایت نشده است)

در منظومه شمسی، سیاره ، جرم آسمانی است که ویژگی های زیر را داشته باشد:

در یک مدار به دور خورشید بچرخد
دارای جرم کافی برای برقراری تعادل هیدرواستاتیک(شکل)
اجرام همسایه موجود در مدار را جارو کرده باشد
اجرام غیر قمری که تنها دو ویژگی اول را داشته باشند در رده ی سیارات کوتوله دسته بندی می شوند.

براساس تعریف اتحادیه بین المللی ستاره شناسی، سیارات و سیارات کوتوله دو دسته ی متفاوت را تشکیل می دهند. اجرام غیر قمری که تنها ویژگی نخست را داشته باشند، با عنوان اجرام کوچک منظومه شمسی شناخته می شوند، مانند: سیارک ها.
در پروژه های ابتدایی باز آرایی منظومه شمسی، سیارات کوتوله به عنوان زیر مجموعه ی سیارات در نظر گرگفته شد، اما با افزایش ده ها سیاره ی کوتوله جدید، این پروژه کنار گذاشته شد. در سال 2006، سه سیاره کوتوله(سرس، آیریس، ماکه ماکه) و پلوتو در فهرست سیارات کوتوله افزوده شدند.بنابراین در سال 2006 منظومه شمسی صاحب پنج سیاره کوتوله: سرس، پلوتو، ماکه ماکه،آیریس و هیوما بود. بعد از گذشت چند سال، تعداد اجرامی جدیدی به این فهرست افزوده شده اند.
تعریف مطرح شده برای سیارات و اجرام کوچک، در خارج از منظومه شمسی، جایی که اجرام کوچک را با تکنولوژی فعلی نمی توان آشکار کرد، کاربرد ندارد . برای شناسایی نظومه های فراخورشیدی و سیارات فراخورشیدی پروژه ی راهنمایی در سال 2003 ایجاد شد، که آن ها را از ستاره های کوتوله که بزرگ تر و پرجرم تر هستند، تشخیص دهد.

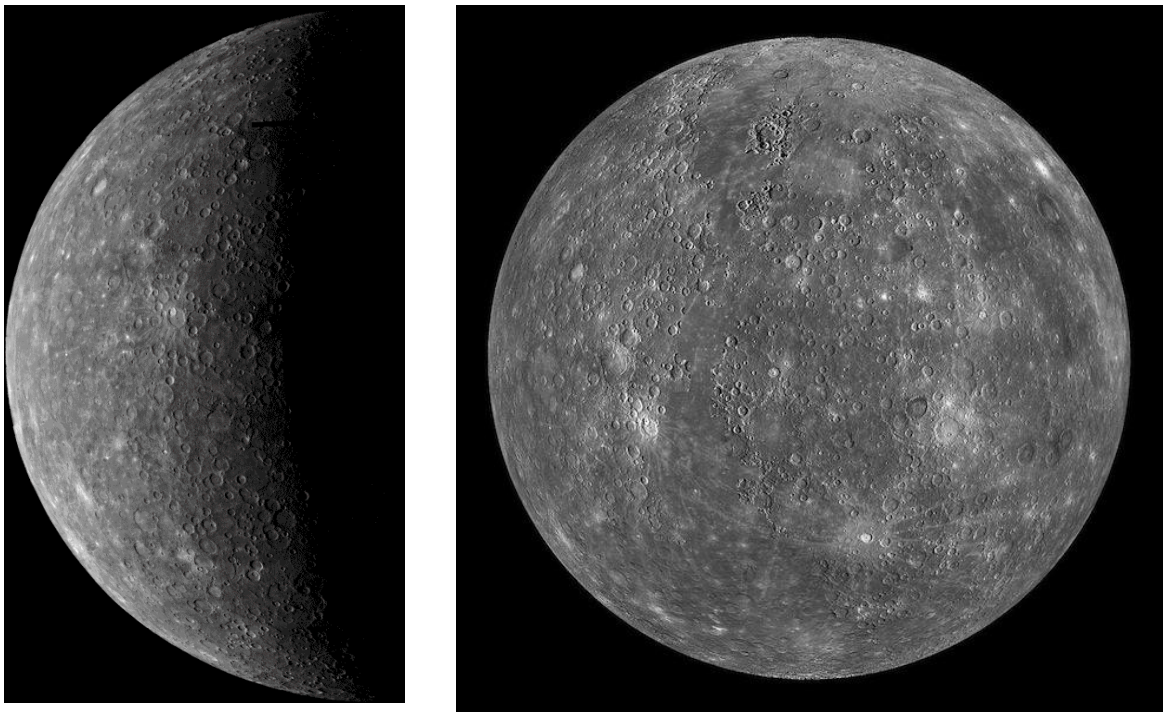
هشت سیاره منظومه شمسی را به صورت های زیر می توان دسته بندی کرد:

چهار سیاره ی زمین مانند در ناحیه ی داخلی منظومه شمسی(تیر، ناهید، زمین و بهرام)
سنگی با چگالی تقریب 4 تا 5 گرم بر سانتی متر مکعب
4 سیاره ی بزرگ در قسمت بیرونی منظومه شمسی، که به صورت زیر تقسیم بندی می شوند
غول های گازی: مشتری و کیوان. به صورت عمده از هیدوژن و هلیوم و ترکیباتی شمیایی مشابه خورشید
غول های یخی: اورانوس و نپتون. یخ تشکیل شده از گازهای غالب. ترکیب شمیایی متفاوت با خورشید.
.سیارات گازی بسیار سبک تر از سیارات گازی بوده . چگالی آن ها بین 0.7 (زحل) تا 2 گرم بر مترمکعب است.
سیارات گازی، در بازه ی زمانی ده میلیون سال تشکیل شدند(سیارت زمین مانند در طی 100 میلیون سال). آن ها یک جا ساخته نشدند، بر اثر تغییر اندازه حرکت زاویه ای بین غول های سیاره ای در حال شکل گیری و پیش سیاره ها، مهاجرتی رخ داد و آن ها را به نواحی دیگر منظومه شمسی و یا خارج آن، پرت کرد.

مشخص کردن یک ستاره به معنای تعیین ویژگی های عمومی آن مانند: جرم، شعاع، چگالی، دوره حرکت چرخشی(شبانه روز)، دوره ی حرکت انتقالی(سال)، ترکیب شمیایی جو و ساختار و... است.در این بخش، هدف ما ارائه جداولی از اطلاعات نیست، چراکه با مراجعه به اینترنت یا کتاب به راحتی می توان به آن ها دسترسی داشت. هدف ما معرفی طبیعت و منشا هر جرم، به همراه بیان ویژگی های جالب آن است، تا معلمان از آن ها به عنوان موضوعاتی جذاب در کلاس استفاده کنند.(برای دستیابی به اطلاعات سیارات یا سایر اجرام منظومه شمسی می توان به اینترنت رجوع کرد).

تیر

تیر نخستین سیاره منظومه شمسی، کوچکترین و نزدیک سیاره به خورشید است. نام خود را از خدای هنر و جنگ روم باستان گرفته است.
این سیاره فاقد قمر بوده و یکی از پنج سیاره ای است که با چشم غیر مسلح آن را می توان دید. در قرن 17 با تلسکوپ رصد شد و دو کاوشگر مارینر 10 (1974-1975) و مسنجر (2008) به سمت آن پرتاب شده اند.
اگرچه این سیاره با چشم غیر مسلح قابل رویت است، اما به علت نزدیکی زیاد به خورشید، دیدن آن به آسانی امکان پذیر نیست. این سیاره به خورشید بسیار نزدیک است و تنها در هنگام کشیدگی کمی قبل از طلوع یا کمی بعد از غروب خورشید قابل رصد است. با این وجود، ماموریت های فضایی تصاویر شگفت انگیز بسیاری از آن تهیه کرده اند، که شباهت بسیاری به ماه دارد.



شکل 7: تیر(عطارد)

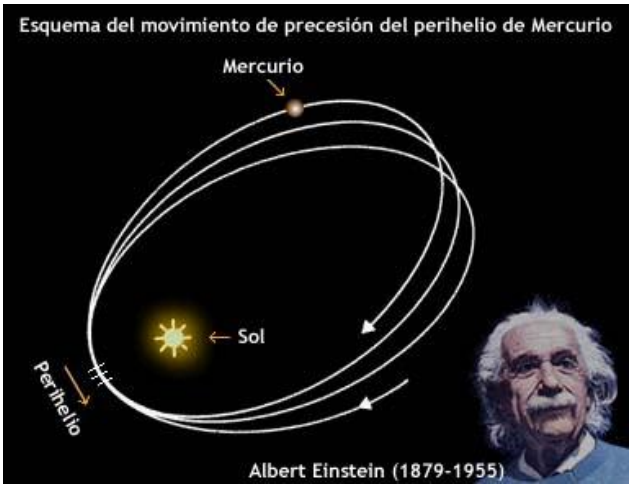
برخی از ویژگی های این سیاره : کوچک ترین و نزدیک سیاره به خورشید. بیشترین خروج از مرکز(e=0.2056) ، انحرف نسبت به دایره البروج 7 درجه. دوره ی سینودیک این سیاره 115.8 روز است، به این معنا که در سال سه باز در بیشترین کشیدگی در غرب خورشید(در این حالت ستاره ی صبح گفته می شود، و در بیشترین کشیدگی شرقی، ستاره ی عصرگاهی نامیده می شود). در هر کدام، کشیدگی بیشتر از 28 درجه نخواهد بود.

شعاع کوچک 2440 کیلومتریموجب می شود که نه تنها کوچک ترین سیاره منظومه شمسی باشد، بلکه از دو قمر گالیله ای مشتری: کالیستو و گانیمید نیز کوچک تر باشد.
سیاره عطارد با چگالی 5.427 سنگین ترین سیاره بعد از زمین است. آهن اصلی ترین عنصر سنگین در آن که موجب چگالی بالای آن شده است. به صورت عمومی برای تیر اتمسفری در نظر گرفته نمی شود، اما در واقع یک جو بسیار نازکی متشکل از اکسیژن42%، سدیم 29%، هیدروژن 22%، هلیوم 6.0%، پتاسیم 0.5% و مقادیر ناچیز آرگون، نیتروژن ، کربن دی اکسید، زنون، نئون و کریپتون پیرامون آن را فراگرفته است.
تیر، داری میدان مغناطیسی قابل توجه ای در حدود 1/100 میدان مغناطیسی زمین است.این میدان موجب پیدایش مگنوتسفر با شعاع 1.5 برابر سیاره شده است، در مورد زمین این مقدار 11.5 برابر شعاع است. به عنوان آخرین نکته در مقایسه با زمین، میدان مغناطیسی آن دو قطبی و با محور چرخش آن 11 درجه انحراف دارد.
دما در عطارد بسیار غیرمعمول است. به هنگام عبور از حضیض در استوا دما به حدود 427 سانتی گراد می رسد، دمایی که فلز روی در آن ذوب می شود.هرچند که بعد از رسیدن شب، دما به منفی 183 درجه سانتی گراد کاهش می یابد،بنابراین افزایش دما در طول یک روز 610 درجه سانتی گراد خواهد بود. هیچ سیاره ی دیگری این چنین تفاوت دمایی را شاهد نیست. این تفاوت دما ناشی از دریافت تابش های خورشیدی در طول روز، چگالی کم اتمسفر و طول روز تیر (زمان بین طلوع و غروب ، سه ماه زمینی است، زمان مشابه برای ذخیره گرما در طول روز، یا سرما در طول شب)
دهانه های تیر، از لحاظ ریخت شناسی بسیار شبیه به دهانه ی ماه است. معروف ترین دهانه، حوضه کالیوریس است که بیانگر یک فاجعه عظیم است.
تاثیرات ناشی از برخرود حوضه، فاجعه بارترین اتفاقی است که می تواند بر روی یک سیاره رخ دهد. اتفاقی که می تواند موجب تغییرات پوسته و حتی مناطق داخلی آن شود.همان اتفاقی که دهانه ی کالیوریس با قطر 1550 کیلومتر ایجاد کرد.

حرکت تقدیمی حضیض تیر

به مانند سایر سیارات، حضیض سیاره ی تیر، ثابت نیست، اما به صورت منظم پیرامون خورشید حرکت می کند. برای مدت های زیادی مقدار محاسبه شده ی این حرکت 43 ثانیه قوسی درهر قرن بیشتر از مقدار پیش بینی شده از مکانیک کلاسیک نیوتنی بود. این پیشروی حضیض به کمک

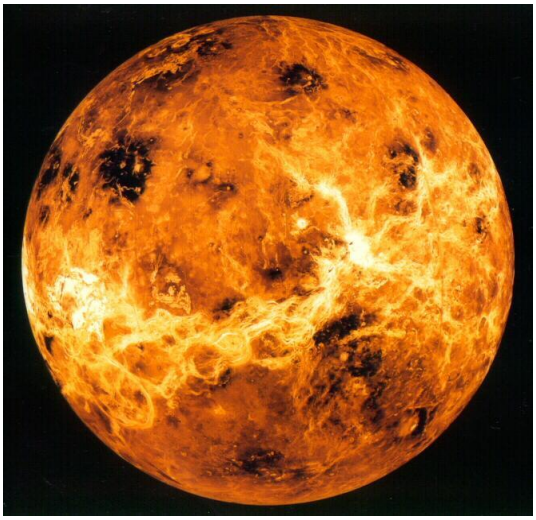
نظریه نسبیت عام انیشتین پیش بینی شد که ناشی از خمش فضا بر اثر جرم خورشید است. همزمانی مشاهدات پیشرفته ی حضیض و پیش بینی نظریه نسبیت عام، زمینه اثبات فرضیه دوم را فراهم آورد.

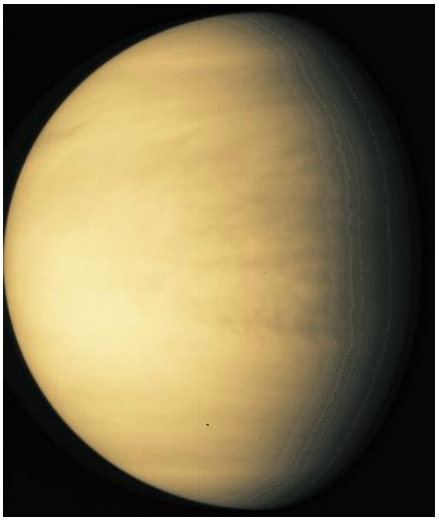


ناهید

ناهید یکی از چهار سیاره ی داخلی، با ساختاری مشابه زمین و دومین سیاره از لحاظ فاصله تا خورشید، به نام خدای عشق و زیبایی رومی نام گذاری شده است. نزدیکی به خورشید، ساختار و چگالی اتمسفر ناهید، موجب شده تا این سیاره گرم ترین جرم منظومه شمسی باشد.
این سیاره میدان مغناطیسی بسیاز ضعیفی دارد و فاقد قمر است.
همچنین دارای حرکت برگشتی است و تنها سیاره ای است که دوره ی حرکت چرخشی آن از دوره ی حرکت انتقالی آن بیشتر است. این سیاره پرنورترین جرم آسمان بعد از خورشید و ماه است. مسیر ناهید به دور خورشید، تقریبا دایره است، خروج از مرکز این مدار 00068 کمترین میزان در منظومه شمسی است. یک سال ناهید از یک شبانه روز خورشیدی آن کوتاه تر است.
اندازه ی سیاره هی ناهید، تقریبا مشابه زمین است. اتمسفر بسیار رقیقی دارد. ترکیبی از دی اکسید کربن و ابرهای غلیظ دی اکسید سولفور موجب ایجاد بزرگ ترین اثر گلخانه ای منظومه شمسی روی آن با دمای 460 درجه سانتی گراد شده است. هرچند که فاصله ی ناهید از خورشید دوبرابر بیشتر از تیر و تنها حدود 25% تابش های خورشید تیر را دریافت می کند، اما دمای سطحی آن بسیار بیشتر از تیر است. سطح این سیاره تقریبا یکنواخت است. اگرچه میدان مغناطیسی آن بسیار ضعیف است، اما در سال 1997، فضاپیما سوهو، دم پلاسمایی به طول 45 کیلومتر برای ناهید مشاهده نمود.
ویژگی قابل توجه ناهید، حرکت دورانی برعکس آن است(مانند اورانوس): این حرکت پیرامون محور سیاره و در خلاف جهت عقربه های ساعت است، در حالی که سایر سیارات منظومه شمسی در جهت عقربه های ساعت حرکت می کنند. دوره این چرخش در سال 1962 شناخته شد. این چرخش- آرام و برعکس- موجب می شود تا شبانه روز خورشیدی آن از شبانه روز نجومی آن خیلی کوتاه تر باشد، طول شبانه روز بیشتر از یک سال است.علت حرکت چرخش معکوس ناهید روشن نیست. مقبول ترین نظر، برخورد یک جسم بزرگ با سیاره در هنگام شکل گیری در منظومه شمسی

است. همچنین ممکن است که اتمسفر غلیظ ناهید بر چرخش آن اثر گذاشته باشد. ناهید دارای یک اتمسفر ویژه است. فشار سطحی در این سیاره 93 بار است و اتمسفر آن از 95.5% کربن دی اکسید، 3.5 % نیتروژن، 0.015% سولفوریک اسید، 0.007% آرگون، 0.002 اخار آب، 0.001 مونواکسید کربن، 0.0012% هلیوم و 0.007% نئون تشکیل شده است.





شکل 10: ناهید در بخش مرئی(تلسکوپ فضایی هابل)
شکل9: عکس از سطح ناهید (ماموریت ماژلان)

ناهید، خواهر دو قلوی زمین، مقایسه:

هر دو سیاره در یک زمان و از گاز و ابر غبار مشابه در 4.6 میلیارد سال پیش ساخته شده اند
هر دو در دسته ی سیارات داخلی قرار می گیرند.
سطح هر دو دارای عوارض متنوعی همچون: کوه ها، دشت ها، دره ها، آتش فشان ها، دهانه های برخوردی هستند
هر دو تعدا کمی دهانه ها دارند، که نشان دهند ه ی سطح جوان و اتمسفر غلیظ است
دارای ساختار شیمیایی یکسان

گذر ناهید

به هنگام عبرو ناهید از بین خورشید و زمین، سایه ی ناهید از مقابل قرص خورشید رد می شود، این پدیده گذر نامیده می شود. به علت انحراف محور ناهید در مقایسه باز مین این پدیده دوبار در هر قرن و به فاصله ی هشت سال رخ می دهد(105.5 و 121.5 سال). آخرین گذرها در سال 2004 و 2012 رخ داد و گذر بعدی در سال 2117 است.

زمین

زمین سومین سیاره از نظر فاصله و پنجمین سیاره از نظر قطر در منظومه شمسی است. این سیاره ی داخلی، بزرگ ترین سیاره سنگی منظومه و تنها جای شناخته شده با قابلیت حیات در کیهان است. زمین 4.57 میلیارد سال پیش شکل گرفت و تنها قمر آن، ماه، کمی بعد از آن

و در حدود 4533 میلیون سال پیش شروع به چرخش پیرامون زمین کرد. نظریه های متفاوتی پیرامون شکل گیری ماه وجود داد. 71% سطح زمین پوشیده از آب و 29% باقی ماند جامد و خشک است، با این وجود آب در مقایسه با ساختار عمومی سیاره، مقدار کمی را شامل می شود.

شکل11: زمین و ماه (ماموریت گالیله)

زمین به صورت پیوسته در حال برهمکنش با کیهان است. ماه علاوه بر پیدایش جزر و مد ، به صورت پیوسته بر سرعت چرخشی زمین اثر می گذارد. همه ی اجرام کره ی زمین، به وسیله زمین جذب شده اند. نیروی جذب کننده، با نام جاذبه و شتابی که موجب سقوط اجرام در میدان مغناطیسی می وشد، شتاب جاذبه نامیده می شود("g"= 9.81 m / s2)، یک اعتقاد عمومی برای تشیکل اقیانوس ها بارش دنباله دارها در ابتدای پیدایش زمین است. تغییرات مداری سیاره نیز، ناشی از دوره ی یخبندان؛ دوره ای که سطح زمین با لایه از یخ پوشیده شد، در نظر گرفته می شود.

فشار اتمسفر در سطح 101.3 kPa است . اتمسفر به صورت عمده از 78% نیتروژن، 21% اکسیژن، 0.93 آرگون، 0.04 کربن دی اکسید و 1% بخار آب تشکیل شده است.

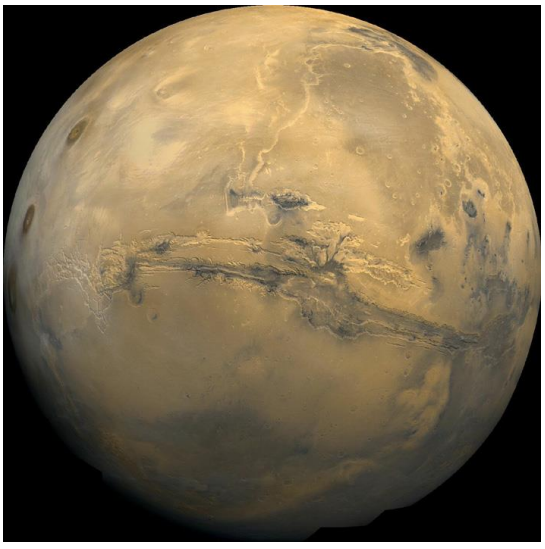
بهرام

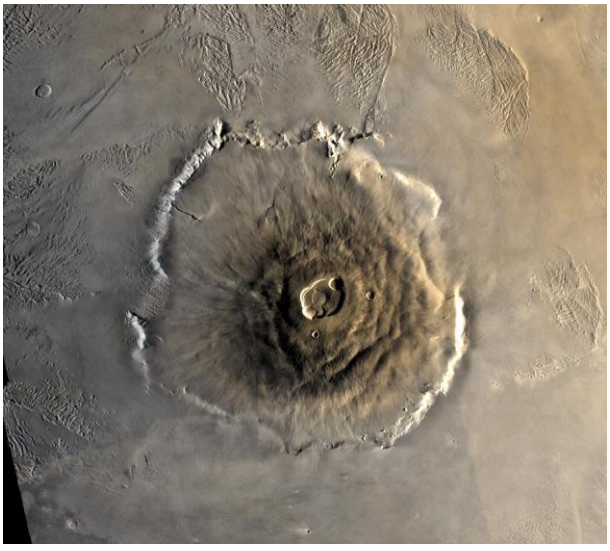
بهرام چهارمین سیاره از نظر فاصله و دومین سیاره کوچک بعد از تیر در منظومه شمسی بوده و در خانواده سیارات زمین مانند قرار دارد. نام سیاره با توجه به رنگ قرمز آن، از خدای جنگ رومی گرفته شده است/ از سال 1960 ماموریت های متعددی به قصد شناسایی جغرافیا، آب و هوا، ساختار زیرین، وجود آب و شاید نشانه هایی از حیات به سمت این سیاره پرتاب شده است.

بهرام با چشم غیر مسلح قابل رویت است. این سیاره از زهره کم نورتر و به ندرت از مشتری پرنورتر می شود.

در میان اجرام منظومه شمسی، سیاره ی سرخ بیش از همه مورد توجه بوده است. مهم ترین دلیل آن، وجود کانال هایی است که اولین بار در سال 1858 توسط جیوانی شیپرلی نام گذاری شدندو توجه سایر نویسندگان نیز به آن جذب شد. اگرچه امروزه می دانیم که آن دیدگاه ها اشتباه بوده است. رنگ قرمز بهرام ناشی از اکسید آهن(هماتیت) موجود بر سطح آن است. عوارض متنوعی بر روی مریخ وجود دارد، از مرتفع ترین قله ی منظومه شمسی(قله ی آتشفشانی المپیوس) با ارتفاع 25 کیلومتر تا بزرگ ترین کنیون ها (دره ی مانیر ها)، به عمق 6 کیلومتر
هسته ی این سیاره با قطر حدودی 1700 کیلومتر، توسط گوشته ای مذاب و پوسته ای بازالتی به عرض 50 کیلومتر پوشیده شده است. اتمسفر آن به صورت عمده از کربن دی اکسید است. احتمالا این سیاره دارای یک آب سپهر(هیدروسفر) فعال بوده و آب بر سطح آن برخی مواقع جریان داشته است، اما تغییرات فشار اتمسفر که ممکن است ناشی از کاهش میدان مغناطیسی و یا دما بوده، موجب تبخیر آب در دمای اتاق شد.
امروز اتمسفر مریخ با فشار سطحی 0.6-1.0 کیلوپاسکال، از 95.72% دی اکسید کربن، 2.7% نیتروژن، 1.6% آرگون، 0.2 اکسیژن، 0.07 % کربن موناکسید، 0.03 % بخار آب، 0.01% نیتریک اسید و مقادیر ناچیزی از نئون، کریپتون، فرمالدهید، زنون، اوزون و متان تشکیل شده است.
دو قمر طبیعی مریخ، با نام های فوبوس و دیموس، سیارک های جذب شده توسط سیاره هستند. قطر مریخ دو برابر کمتر از زمین، و سطح آن برابر با قاره ها است. جرم آن یک دهم زمین است. اگرچه جرم مریخ دو برابر تیراست، اما جاذبه ی آن کمتر از تیر است.

پن استوای مریخ و مدار آن به دور خورشید همزمان نیست. انحراف محور مریخ مشابه زمین است، به همین علت مانند زمین دارای فصول است.. قطر کلاهک های قطبی آن در طول فصل های تغییر می کند. روز مریخی 39 دقیقه از روز زمینی طولانی تر است . یک سال آن به علت فاصله ی نسبی تا خورشید 322 روز بیشتر از زمین است.
مریخ نزدیک ترین سیاره ی بیرونی به زمین است، این فاصله به هنگام مقابله و قرار گیری زمین بین مریخ و خورشید، به کمترین میزان خود می رسد.





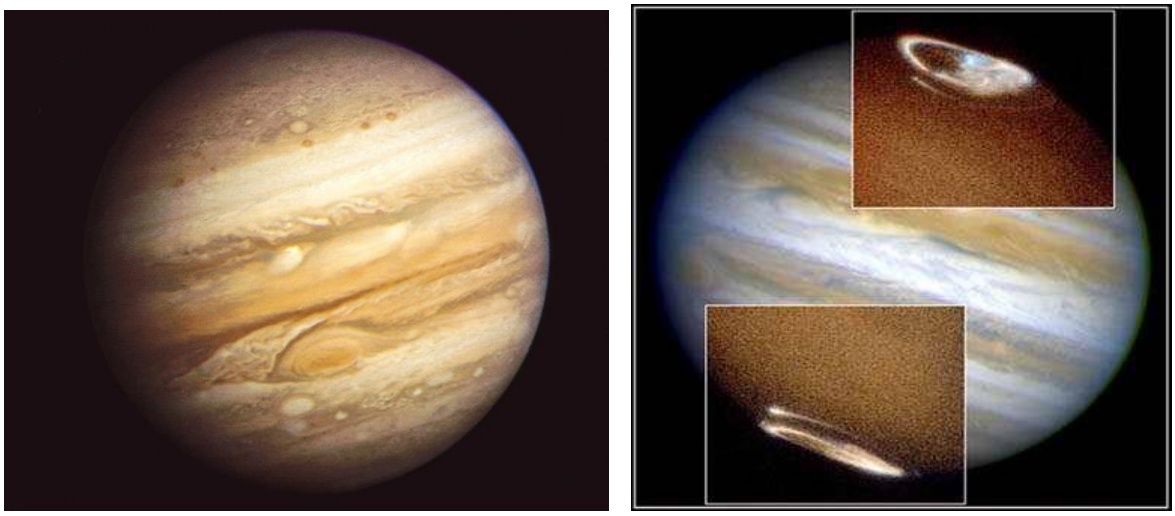
شکل 12: مریخ (سمت چپ)، کوه المپیوس (سمت راست)

در 27 آگوست 2003 مریخ در نزدیک ترین فاصله ی خود به زمین یعنی 55.76 میلیون کیلومتر یا 0.3727 واحد نجومی در طول 59618 سال گذشته بود. در این زمان، انواع مختلفی از توهم ها و خیال پردازی ها شروع شد، مانند : مریخ بزرگ تر از ماه دیده خواهد شد. مریخ با اندازه ی ظاهری 25.13 ثانیه قوسی به صورت یک نقطه با چشم غیر مسلح دیده میشود، در حالی که ماه اندازه ی ظاهری نزدیک به 30 دقیقه ی قوسی دارد. رویداد مشابه بعدی در 28 آگوست سال 2287 رخ می دهد، در آن زمان مریخ در فاصله ی 55.69 میلون کیلومتر زمین خواهد بود.

مشتری

مشتری پنجمین سیاره از نظر فاصله و باقطری نزدیک به 11 برابر زمین، غول منظومه شمسی محسوب می شود. جرم این سیاره 318 برابر زمین، و حجم آن 1300 برابر زمین است. مدار آن در فاصله ی 778.547.200 کیلومتری از خورشید است. مشتری چهارمین جرم درخشان آسمان با چشم غیر مسلح است(بعد از خورشید، ماه، ناهید و برخی مواقع مریخ)
کشف چهار قمر بزرگ مشتری: یو، اروپا، گانیمید وکالیستو(معروف به قمرهای گالیله ای) توسط گالیله و سیمون ماریوس در سال 1610 ، اولین کشف حرکت ظاهری مرکزی خارج از زمین بود. این کشف مهمی برای تایید نظریه خورشید مرکزی نیکلاس کوپرنیک بود. تایید گالیله بر نظریه کوپرنیک برای او مشکلاتی را از جانب دادگاه تفتیش عقاید فراهم آورد. بعد از ماموریت ویجر 16 قمر برای مشتری کشف شده، البته در حال حاضر 60 قمر برای این سیاره ثبت شده و همچنان در حال افزایش است.
به مانند سایر سیارات این سیاره هسته ای جامد با جرمی بیش از 10 تا 15 بربر جرم خورشید دارد. بر روی هسته، قسمت مهم سیاره، که از هیدورژن مایع فلزی است، قرار داد. به علت دما و فشار داخلی مشتری، هیدورژن به صورت گاز وجود ندارد. این ماده هادی الکتریکی و منشا میدان مغناطیسی متشری است. لایه ای از هلیوم و سایر یخ ها نیز وجود دارد.
سطحی ترین لایه ی مشتری از مولکول های هیدروژن و هلیوم تشکیل شده که در قسمت های اخلی به صورت مایع و در قسمت های خارجی به صورت مایع حضور دارند. اتمسفری که ما از سیاره شاهد هستیم، در واقع بالاترین قسمت آن لایه های عمیق است. آب، کربن دی اکسید، متان و تعدادی از مولکول های ساده ی دیگر به مقدار کم در آن حضور دارند.
اتمسفر مشتری از 86% هیدروژن، 14% هیلوم و مقادیر ناچیزی از متان، آب، آمونیوم وسایر عناصر تشکیل شده است. اعتقاد بر این است که ساختار مشتری بسیار مشابه با ابر اولیه ای که منظومه ی شمسی از آن شکل یافت، است(اورانوس و نپتون به عنوان سیارات گازی، مقدار کمتری هیدوژن و هلیوم دارند)
لکه سرخ یا چشم مشتری، یکی از بازرترین ویژگی های مشتری است که

از مشاهده ی آن با تلسکوپ های زمینی بیش از 300 می گذرد. این پدیده، یک بیضی با ابعاد 25000 در 12000کیلومتر است و می تواند دو زمین را در دل خود جای دهد. در این ناحیه فشار بالاتر و ارتفاع ابرهای بیشتر و رنگ ها نسبت به پیرامون بسیار شاخص تر است.
ساختارهای مشابه ای در کیوان و اورانوس نیز ثبت شده است. اما هنوز علت پایداری طولانی مدت این پدیده ناشناخته است.
در مشتری و سایر سیارات گازی، بادهای شدیدی در نوارهای عرضی می وزند. جهت این بادها در هر نوار با نوار مجاور مخالف است. تفاوت دما یا ترکیب شمیایی موجب تفاوت در رنگ نوارها است. اتمسفر مشتری بسیار آشفته است. وزش بادها به مانند زمین ناشی از گرمای درونی سیاره و نه خورشید است.فشار سطحی اتمسفر 20-200 است(لایه های ابر) و ترکیب شمیایی آن از 90% هیدوژن، 10% هلیوم، 0.3% متان، 0.036 آمونیوم، 0.003 % دیوتریوم، 0.0006 % اتان، 0.0004 آب است. همچنین یخ های: آمونیوم، آب و آمونیوم هیدروسولفید



شکل 13: مشتری(سمت چپ)، شفق های قطبی بر روی مشتری(سمت راست، عکس از تلسکوپ فضایی هابل)

مغناطیس سپهر سیاره، بسیار شدید است و بیش از 14 برابر زمین بوده و تا 650 میلیون کیلومتری سیاره کشیده شده است(بعد از زحل).
قمرهای مشتری در محدوده ی این اتسمفر قرار دارند و فعالیت های آیو نیز با توجه به آن توضیح داده می شود. یک مشلک بزرگ در سفرهای فضایی آینده، همانطور که اکنون نیز برای کاوشگر گالیله و ویجر رخ داد، ذرات بسیار زیادی هستند که در اطرفا مشتری در میدان مغناطیسی آن به دام افتاده اند. این تابش ها مشابه تابش ها ی کمربند وان آلن زمین هستند و می تواند موجب مرگ انسان های بی حفاظ شود. کاوشگر گالیله، تابش های جدیدی بین حلقه ی مشتری و لایه های بالایی اتمسفر آن کشف کرده است. این کمربند جدید10 برابر از کمربند وان آلن زمین قوی تر است و جالب است بدانید که شامل یون های هلیوم با انرژی بالا با منشا ناشناخته است.
مشتری به مانند کیوان دارای یک حلقه کوچک و تاریک است. احتمالا از ذرات کوچک سنگی تشکیل شده است. به نظر نمی آید که دارای یخ باشد. احتمالا زمان زیادی از تشکیل حلقه ی مشتری نمی گذرد(به علت

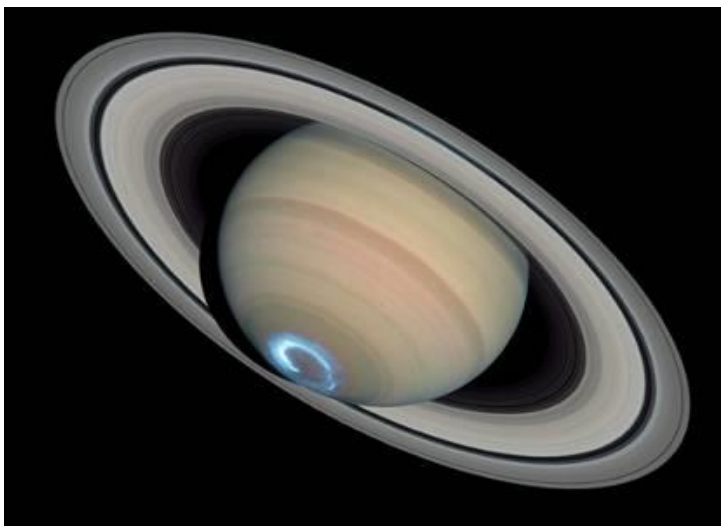
اتمسفر و میدان مغناطیسی). کاوشگر گالیله شواهدی بدست آورده که نشان می دهد حلقه ها در اثر میدان مغناطیسی مشتری، به صورت پیوسته توسط غبار ناشی برخورد ریز شهاب ها با قسمت داخلی تغذیه می شوند.

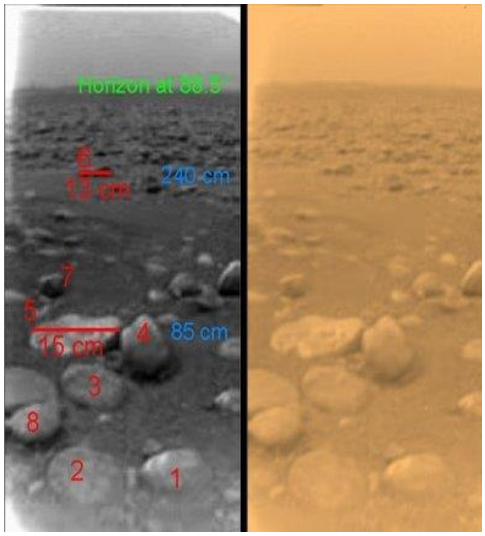
زحل

زحل یکی از غول های گازی مظنومه شمسی، ششمین سیاره از نظر فاصله تا خورشید، دومین سیاره از نظر حجم و جرم (3.3 کوچکتر از مشتری، 5.5 برابر نپتون، 6.5 برابر بزرگ تر از اورانوس) است. جرم آن 95 برابر زمین و قطر آن 9 برابر بیشتر است. زحل تنها سیاره منظومه شمسی است که چگالی آن کمتر از آب است: 0.69 . این چگالی بیانگر آن است که اتمسفر آن به صورت عمده از هیدورژن که سبک تر از آب است تشکیل شده است. البته هسته ی آن چگال تر است.
ین سیاره دارای شکل کروی مسطح است، در قطب ها تخت شده و در استوا کشیده تر. تفاوت قطر استوایی و قبی تقریبا حدود 10 درصد است. این تفاوت ناشی از سرعت چرخشی بالا به دور مدار و ساختار مایع داخلی است. سایر سیارات گازی(مشتری، اورانوس و نپتون) نیز کمی مسطح شدگی دارند
.به مانند مشتری، جو زحل نیز ازنوارهای موازی تشکیل شده است، البته این نوارها محوتر بوده و در استوا بزرگ تر هستند. سیستم ابری زحل، برای نخستین بار توسط ماموریت ویجر رصد شد. ابر مشاهده شده در سال 1990، نمونه ای یک لکه سفید بزرگ است که پدیده ای زودگذر بوده و هر سی سال رخ می دهد. طبق پیش بینی ها، طوفانی بعدی در 2020 خواهد بود. در سال 2006 ناسا،طوفانی در ابعاد طوفان هیروکان در قطب جنوب رصد کرد، که چشم آن به خوی قابل دیدن بود.
حلقه های زحل، یکی از زیباترین صحنه های منظومه شمسی و یکی از ویژگی های اصلی آن است. برخلاف دو سیاره ی گازی دیگر که درخشش بسیار(آلبدو بین 0.2 تا0.6) مانع دیدن حلقه های تاریک آن ها می شود، حلقه های زحل را به راحتی با یک دوربین دوچشمی می توان دید. این حلقه ها فعال هستند : برخورد و انباشت مواد در آن ها صورت می گیرد.

زحل قمرهای بسیاری دارد. بسیار سخت است که بگویم، زحل چند قمر دارد، زیرا هر تکه یخ موجود در حلقه ها را می توان به عنوان قمر در نظر گرفت. در سال 2009، تعداد 62 قمر شناسایی شد، که 53 قمر داری نام اختصاصی هستند. بیشتر این قمر ها کوچک هستند: 31 قمر، قطری کمتر از 10 کیلومتر دارند و 13 قمر دیگر قطری کمتر از 50 کیلومتر.تنها7 قمر هست که به اندازه ی کافی بزرگ بوده تا تحت تاثیر گرانش خود داری شکل کروی شوند. تیتان، بزرگ ترین آن ها، از تیر و پولوت نیز بزرگ تر است و تنها قمر دارای اتمسفر غلیظ در منشومه شمسی است، که طی ماموریت کاسینی، کاوشگر هویگنس به سمت آن پرتاب شد. این ماموریت نشان دادکه چرخه ای مشابه آب بر روی زمین،

در سطح تیتان برای متان رخ می دهد و متان در هر سه حالت بر سطح آن وجود دارد.





شکل14: شفق های قطبی زحل (سمت چپ)، آخرین عکس از سطح تیتان، ماموریت کاسینی- هویگنس(سمت راست).

اورانوس

اورانوس به مانندسایر سیارات گازه تای دارای حلقه است. اورانوس هفتمین سیاره از لحاظ فاصله تا خورشید، سومین از لحاظ ابعاد وچهارمین پرجرم منظومه شمسی است. اولین سیاره ای که به کمک تلسکوپ کشف شد. این سیاره را به مانند پنج سیاره قدیمی با چشم غیر مسلح می توان دید، البته به علت درخشش کم، یافتن آن چندان آسان نیست. ویلیام هرشل در 13 مارس 1781، خبر اکتشاف خود را منتشر و مرزهای منظومه شمسی را گسترش داد.
ساختار داخلی و اتمسفر اورانوس و نپتون در مقایسه با غول های گازی؛ مشتری و زحل متفاوت است. به عمین دلیل، منجمان، برخی اوقات؛ آن ها را در دسته بندی متفاوتی، غول های یخی یا زیرغول ها قرار می دهند.

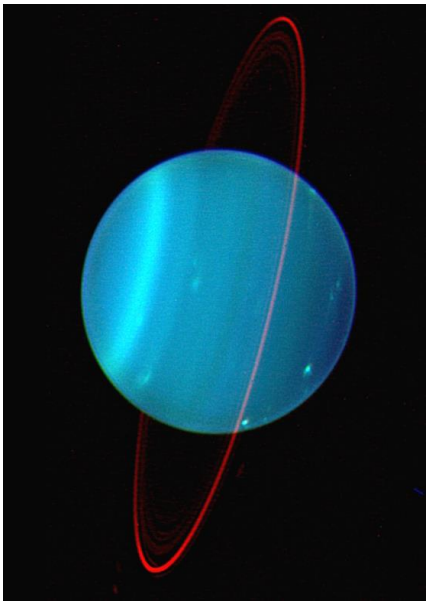
اتمسفر اورانوس به صورت عمده از هیدوژن، هلیوم، مقادیر زیادی یخ آب، آمونیوم، متان و مقدار ناچیزی هیدورکربن تشکیل شده است. اورانوس سردترین دمای اتمسفر با حداقل 224- درجه سانتی گراد را در منظومه شمسی دارا است. ابرهای این سیاره ساختار ترکیبی داردن، به طوری که لایه های پایین از آب و لایه های بالایی از متان تشکیل شده اند. به مانند سایر سیارات گازی، دارای حلقه، مغناطیس سپهر و تعدادی قمر طبیعی است. سیستم اورانوس در منظومه شمسی به علت

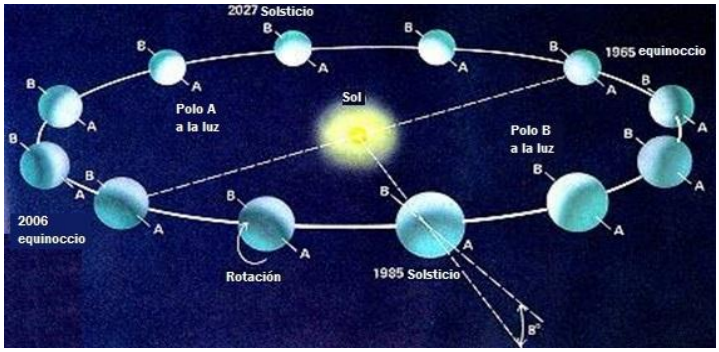
قرار گیری محور چرخش بر صفحه ی حرکت انتقالی بسیار بی نظیر است. در نتیجه قطب های شمال و جنوب این سیاره، در محل استوای سایر سیارات قرار داد. در سال 1986 ویجر 2 عکس هایی از اورانوس تهیه کرد که در آن ها ویژگی های شاخصی در نور مرئی،لایه های ابر یا سیستم ابری مانند آنچه در سایر سیارات گازی وجود داشت، دیده نمی شد. با این حال، با نزدیک شدن اورانوس به اعتدال خود در دسامبر 2007، مشاهدات جدید، آثاری از تغییرات فصول و افزایش فعالیت های آب و هوایی را نشان داد. سرعت باد در سطح این سیاره به 250 متر بر ثانیه می رسد.

برخلاف سایر سیارات منظومه شمسی، محور چرخش اورانوس انحراف زیادی داشته و با صفحه ی چرخش آن موازی است. می توان گفت که پیوسته سیاره در حال چرخش است و قطب های آن به سمت خورشید هستند. یک نتیجه از این آرایش ،دریافت انرژی بیشتر قطب ها نسبت به استوا،می تواند باشد. اما به علت سازوکاری ناشناخته، مناطق استوایی گرم تر از قطب ها هستند. برخورد عظیمی در هنگام شکل گیری سیاره، دلیل احتمالی انحراف آن می تواند باشد.

دوره ی چرخه ی اورانوس به دور خورشید 84 سال زمینی است. میانگین فاصله تا خورشید 3 میلیارد کیلومتر است. شدت شار دریافتی از خورشید 1/400 زمین است.

دوره چرخش لایه های داخلی اورانوس 17 ساعت و 14 دقیقه است. همچنین در لایه های بالایی اتمسفر، بادهایی سهمگینی هم راستا با چرخش در حال وزیدن هستند. در نتیجه، در حوالی عرض های 60 درجه، قسمت های مرئی اتمسفر با سرعت بیشتری حرکت می کنند و یک دور کامل را در 14 ساعت طی می کنند. فشار اتمسفر کمتر از 1.3 بار است و ترکیب شیمیایی آن عبارت است از: 83% هیدوروژن، 15% هلیوم، 2.3% متان، 0.009% مقادیر ناچیز دتریوم و یخ های: آمونیوم، آب، آمونیوم هیدروسولفید و متان.

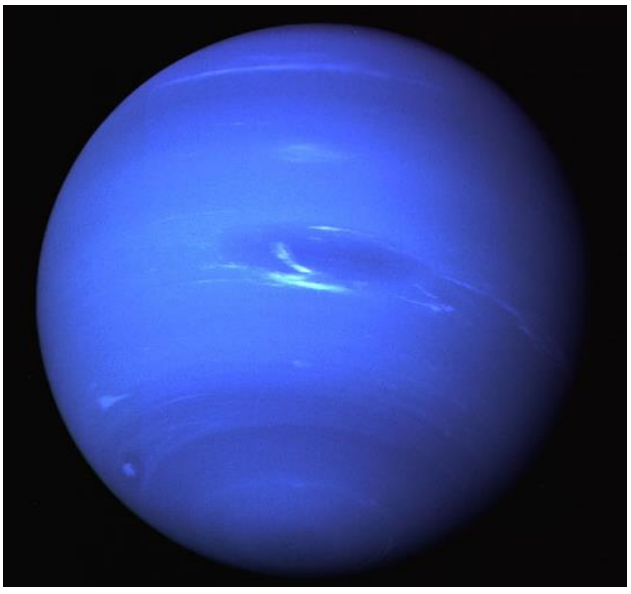




شکل15: اورانوس(سمت چپ)، مدار اورانوس(سمت راست)
ما اطلاعات چندانی در مورد ساختار داخلی اورانوس نداریم، تنها می دانیم که ساختار آن با مشتری و زحل تفاوت دراد. براساس نظریه، این سیاره یک هسته از سیلیکات های آهن به قطر 7500 کیلومتر دارد که با لایه از یخ آب و هلیوم، متان و آمونیوم به قطر 10000 کیلومتر پوشیده شده است و سطح آن نیز لایه ای از هیدورژن و هیلوم مایع با قطر تقریبی 7600 کیلومتر وجود داردکه به آرامی در اتمسفر ذوب می شود. اورانوس، برخلاف مشتری و زحل،چندان پرجرم نیست که هیدورژن را به صورت فلزی پیرامون هسته نگاه دارد. رنگ سبز- آبی آن نشای از متان موجود در اتمسفر است که نور قرمز و فروسرخ خورشید را جذب می کند. اورانوس حداقل 27 قمر دارد. دو قمر اولیه آن به نام های تیتانیا و اوبرون در 13 مارس 1787 به وسیله ی ویلیام هرشل کشف شد.

نپتون

نپتون، هشتمین سیاره منظومه شمسی و آخرین سیاره گازی است. این سیاره توسط دانشمند آلمانی یوهان گاله در سپتامبر 1847، به دنبال نشانه های اوربن ویر،کسی که مانند جان آدامز ، منجم انگلیسی مکان آن را در اسمان محاسبه کرده بود، کشف شد.
نپتون با چشم مسلح قابل رویت نیست و از پشت تلسکوپ به رنگ سبز- ابی نمایان می شود. در 25آگوست 1989 فضا پیمای ویجر 2 از نزدیکی آن عبور کرد. بزرگ ترین قمر آن تریتون است. ساختار داخلی آن مانند اورانوس می باشد. هسته ی مرکزی آن به اندازه ی زمین بوده و از جنس از سیلیکات و آهن به صورت جامد است. هسته ی این سیاره مانند اورانوس، از یک ترکیب یکنواخت (سنگ مذاب، یخ، 15% هیدورژن و مقداری هلیوم) تشکیل شده، اما ساختار لایه های آن مانند اورانوس و مشتری نیست.



شکل 16: نپتون

رنگ آبی این سیاره ناشی جذب نور در طول موج های قرمزتوسط متان است. اتمسفر این سیاره از 80% هیدورژن، 19% هلیوم، 1.5% متان، حدود 0.019% دوتریم، 0.00015% اتان و یخ :آمونیوم، آب، آمونیوم هیدروسولفید و متان تشکیل شده است.
به مانند سایر سیارات گازی، سیستم بادهای سیاره از بادهای بسیار سریع در نوارهای موازی با استوا ، طوفان های شدید و گردبادها تشکیل شده است. باد بسیار سریعی با سرعتی بیش از 2000 همزمان با عبور ویجر 2 رصد شد، لکه ی سیاه بزرگ با اندازه ای در حدود لکه ی سرخ مشتری، شگفت انگیز ترین پدیده ای بود که طی آن مشاهد شد. حلقه های سیاره نپتون بسیار محو، تیره با منشا ناشناخته است. نپتون 14 قمر طبیعی دارد . تریتون، مهم ترین قمر نپتون، 17 روز پس از کشف نپتون توسط ویلیام لاسل کشف شد.

سیارات کوتوله

پلوتو و آیریس

ده جرم در رده ی سیارات کوتوله دسته بندی شده اند. در این میان پلوتو (میانگین فاصله 39 واحدنجومی) و قمرش چارن، به همراه آیریس که ابعاد آن نیز از پلوتو بیشتر است، که در این دسته بندی قرار می گیرند، بسیار جالب هستند.
پلوتو در سال 1930 توسط کلادیو تومبا به عنوان یک سیاره کشف شد و در آگوست 2006 در رده ی سیارات کوتوله قرار گرفت. انحراف مداری آن با دایره البروج 17 درجه است. در حضیض 29.7 واحد نجومی و در اوج 49.5 واحد نجومی فاصله دارد. چارن، بزرگ ترین قمر پلوتو،به اندازه ای بزرگ است که به دور مرکز جرمی
چهار قمر کوچک دیگر، نیکس، هیدرا، سربروس و استیکس پیرامون زوج پلوتو- چارن می چرخند. پلوتو با مدار نپتون در رزونانس 3:2 است(هر دو دور چرخش پلوتو برابر با سه بار چرخش نپتون)
آیریس، در سال 2005 توسط تیمی به مدیریت مایکل برون کشف شد. کمی بزرگ تر از پلوتو بود و تا قبل از دسته بندی جدید توسط اتحادیه بین المللی ستاره شناسی در سال 2006، به عنوان سیاره ی دهم شناخته شد. همچنین یک قمر به نام دیزنومینا دارد. این جرم به مانند پلوتو، بخشی از کمربند کوییپر یا اجرام فرانپتونی است.

کتابشناسی

- Collin, S, Stavinschi, M., *Leçons d'astronomie*, Ed. Ars Docendi, 2003.
- Kovalevsky, J, *Modern Astrometry*, Springer Verlag, 2002.
- Nato A., *Advances in Solar Research at eclipses, from ground and from space*, eds. J.P. Zahn, M. Stavinschi, Series C: Mathematical and Physical Sciences, vol. 558, Kluwer Publishing House, 2000.
- Nato A, *Theoretical and Observational Problems Related to Solar Eclipses*, eds. Z. Mouradian, M. Stavinschi, Kluwer, 1997.