

اورانوس و نپتون

ارائه دهندگان: مهدی علومی - سید طه رسولی

دانشجوی کارشناسی فیزیک دانشکده علوم پایه دانشگاه فردوسی مشهد

خرداد ماه ۱۳۸۲

مقدمه: آخرین نظریه شکل‌گیری منظومه شمسی

نظریه شکل‌گیری منظومه شمسی زمانی به شکل کنونی خود قوت گرفت که ستاره‌شناسان کشف کردند که سیارات منظومه شمسی همه در یک جهت و تقریباً در یک صفحه بدور خورشید گردش می‌کنند. طبق مدل، آغاز تولد خورشید (مانند هر ستاره دیگری) از یک سحابی با جرمی بیشتر از جرم خورشید بوده که بصورت ابری از ماده وجود داشته است. پس از گذشت مدت زمانی کم هر قسمت از آن ابر شروع به اثر گذاشتن روی قسمت‌های دیگر نموده است. دلیل قطعی شروع این روند معلوم نیست. سحابی شروع به رمبش (Contraction) به طرف مرکز خود می‌کند و پیش ستاره (ProtoStar) بوجود می‌آید.

ذرات هرچه بیشتر به طرف مرکز کشیده می‌شوند انرژی بیشتری کسب می‌کنند که در هنگام برخورد با مرکز آنرا بصورت گرمایی آزاد می‌کنند که باعث داغ شدن پیش ستاره می‌شود. (کلوین-هلمهولتز کانتراکشن) پس از ۱۰ میلیون سال دما آنقدر زیاد شد که واکنش‌های هسته‌ای در مرکز پیش ستاره آغاز شدند. به این ترتیب رمبش متوقف شد و خورشید متولد شد.

به علت چرخش دیسک و نیروی جانب مرکز، اثر رمبش ضعیف و قطر دیسک نازک تر می‌شود. سیاره‌ها از ماده موجود داخل این دیسک شکل گرفتند. این نظریه با مشاهده چند دیسک ماده در اطراف ستاره‌های مشغول شکل‌گیری تایید شد.

• چرا سیاره‌ها شکل گرفتند و چرا حالت ماده تشکیل دهنده آنها متفاوت است؟

برای پاسخ به این سوال باید به شرایط سحابی در هنگام تشکیل پیش ستاره اشاره کرد. آنچه مسلم است چگالی و فشار پایین بوده. اگر فشار پایین باشد ماده به حالت مایع نمی‌تواند وجود داشته باشد. عاملی که در فشار پایین حالت ماده را تعیین می‌کند «دمای چگالش» (Condensation Temperature) است. اگر دما بالاتر از آن باشد، ماده گاز و اگر پایین تر باشد جامد است. (بلورهای یخ و بخار آب در مولکول‌های آب در یک روز زمستانی). ترکیباتی مانند مولکول‌های آب، متان و آمونیاک دمای چگالش پایینی دارند (۱۰۰ تا ۳۰۰ کلوین) و مواد تشکیل دهنده صخره‌ها دمای چگالش بالایی (۱۳۰۰ تا ۱۶۰۰ کلوین). دمای حدودی سحابی ۵۰ کلوین بوده است. این بدان معنی است که همه ترکیبات در حالت جامد بودند. ولی هیدروژن و هلیوم که ۹۸٪ سحابی را تشکیل می‌دهند دمای چگالش نزدیک به صفر دارند و بصورت گاز وجود داشته‌اند و در واقع کل سیستم مانند ابری از هیدروژن و هلیوم بوده که قطعاتی یخ در آن معلق بوده‌اند.

در نزدیکی خورشید دما بسیار زیاد بوده و فقط ترکیباتی با دمای چگالش بالا می‌توانستند بصورت جامد باقی بمانند. مانند انواع فلزات و اکسیدهای آنها و کلسیم. این ترکیبات تعداد بسیار زیادی صخره جامد و سخت را بوجود آوردند که که پس از برخورد با یکدیگر تشکیل سیاره‌های خاکی را دادند.

در قسمت های دورتر از مرکز، وجود ترکیبات بصورت جامد و در حقیقت بصورت ذرات یخ بسیار محتمل تر است و سیارات خارجی منظومه شمسی از همین قطعه های بوجود آمده اند. به این ترتیب که بدنبال فرآیندی مانند همان چیزی که برای سیاره های خاکی گفتیم، هسته های سیارات بصورت صخره ای شکل گرفتند. بدلیل زیاد بودن قطعات یخ، این هسته ها ابعاد بزرگی دارند. در قسمت های دورتر چون مواد با سرعت کمتری می چرخند به راحتی گرفتار جاذبه گرانش این هسته های صخره ای می شوند.

در هنگامی که این سیاره ها در حال شکل گیری و سرد شدن بودند، دیسک های ماده ای را بدور خود تشکیل دادند که قمرهای آن ها را بوجود آوردند.

در طی سالها و با وجود بادهای خورشیدی که ذرات پر انرژی را به داخل منظومه شمسی می فرستد، فضا از ترکیبات و عناصر بین سیاره ای خالی شد و امروزه در عمل بین سیاره ها چیزی وجود ندارد.

اورانوس:

اورانوس هفتمین سیاره از سیارات منظومه شمسی از لحاظ فاصله نسبت به خورشید، و سومین سیاره از لحاظ بزرگی در میان غول های گازی به شمار می آید که به علت فاصله زیاد آن از زمین و درخشان بودن کمتر آن نسبت به سیاراتی مانند مشتری و زحل، تا اواخر قرن هجدهم میلادی کشف نشده بود. ویلیام هرشل، یک ستاره شناس آماتور، این سیاره را در سال ۱۷۸۱ بطور کاملاً اتفاقی کشف کرد. او پس از مطالعه حرکات بسیار جزئی اورانوس در آسمان فهمید که اورانوس باید یک سیاره باشد ولی دلیل قابل قبولی برای توجیه حرکات غیر قابل پیش بینی اورانوس نداشت.

اورانوس یک سیاره نه چندان فعال است که در آسمان بصورت یک نقطه بسیار کم رنگ دیده می شود. از دید تلسکوپ های زمینی، اورانوس ظاهری کاملاً بی شکل دارد که به رنگ آبی متمایل به سبز است. در سال ۱۹۸۴ که فضا پیمای وویجر از نزدیکی اورانوس رد شد، توانست آثاری از فعالیت های جوی بسیار کم، در غالب ابرهایی در جو اورانوس پیدا کند. قطر این سیاره کمی بیشتر از ۴ برابر قطر زمین است. جو اورانوس، مانند دیگر غول های گازی، عمدتاً از هیدروژن (۸۴٪) و هلیوم (۱۵/۲٪) تشکیل شده که درصد آنها تقریباً برابر با درصد هیدروژن و هلیوم موجود در جو مشتری و زحل است. اما حدود ۲/۳٪ در جو اورانوس متان (CH_4) وجود دارد که از این نظر با درصد متان موجود در مشتری و زحل (۰/۲٪) بسیار متفاوت است. بطور کلی، عناصر سنگین تر در جو اورانوس بیشتر از سیارات مشتری و زحل وجود دارند. متان این خاصیت را دارد که طول موجهای بزرگ را جذب می کند و به همین علت رنگ عمومی سیاره آبی و سبز است و رنگهای زرد یا قرمز در آن دیده نمی شوند. پرتوهای ماورابنفش خورشید، مقداری از این متان را تبدیل به ابرهای هیدروکربنی می کند که دیدن لایه های پایین جو را برای ما غیر ممکن کرده است.

همچنین به نظر می رسد آمونیاک که در جو مشتری و زحل به مقداری کمی موجود هستند (۰/۰۲٪) در جو اورانوس وجود نداشته باشد. یکی از دلایل این موضوع سرد بودن دمای سطح اورانوس است که با دمایی حدود ۵۵ K باعث می شود مولکولهای آمونیاک منجمد شده و به لایه های پایین تر سیاره بروند و در نتیجه وجود احتمالی آنها برای ما غیرقابل تشخیص باشد. ابرهایی که در جو اورانوس دیده می شوند، ابرهای متان هستند.

نکته قابل توجه در مورد اورانوس انحراف محور دوران آن نسبت به صفحه چرخش سیاره بدور خورشید است. این موضوع پس از کشف قمرهای اورانوس مورد توجه قرار گرفت. تمام قمرهایی که برای اورانوس کشف شده بودند،

تقریباً در مداری عمود بر صفحه چرخش سیاره بدور خورشید گردش می کردند که دلیل این موضوع فقط می تواند عمود بودن جهت چرخش خود سیاره نسبت به صفحه دوران آن نسبت به خورشید باشد. دانشمندان احتمال می دهند دلیل این موضوع، برخوردی باشد که در اوایل مراحل تشکیل شدن سیاره با یک جسم آسمانی رخ داده است. این انحراف نسبت به خط عمود بر صفحه چرخش سیاره بدور خورشید حدود ۹۸ درجه است (انحراف کره زمین نسبت به خط عمود بر صفحه دوران آن ۲۳ است)، این موضوع باعث می شود که قطب های شمال و جنوب اورانوس طی گردش ۸۴ ساله خود بدور خورشید، تابستان ها و زمستان های بسیار طولانی را دارد.

وویدجر ۲ هنگامی که از کنار اورانوس رد شد، توانست دمای سطح آنرا در قسمت های مختلف اندازه گیری کند. نکته جالب در این اندازه گیری ها این بود که دمای قسمتی که رو به خورشید بود با دمای قسمتی که زمستان طولانی را سپری می کرد، تقریباً یکسان بود. دانشمندان دلیل این امر را تنها وجود جریان های همرفتی از قطب شمال به جنوب و برعکس می دانند. یعنی اورانوس علاوه داشتن حرکات باد معمول در جو، از غرب به شرق (جهت چرخش سیاره)، دارای جریان های همرفتی از دو قطب به طرف یکدیگر هم هست.

چرخش کامل جو اورانوس بدور خود، تقریباً ۱۶ ساعت طول می کشد. اما لایه های اورانوس همانند مشتری و زحل، بطور یکنواخت و با یک سرعت دوران نمی کنند بلکه دوران آن بصورت دیفرانسیلی است. یعنی قسمت های داخلی سیاره کندتر از قسمت های بیرونی (در مدت کمی بیشتر از ۱۷) یک دور کامل بدور خود می چرخند. دلیل این موضوع، تنها چگال تر بودن لایه های داخلی سیاره می تواند باشد.

تا قبل از رد شدن وویدجر ۲ از کنار اورانوس، تنها ۵ قمر برای آن کشف شده بود که همه آنها نامهای شخصیت های نمایشنامه های شکسپیر را یدک می کشند. تیتانیا، اوبرون، اریل، آمبریل و میراندا این قمرها هستند. این قمرهای قطری بین ۵۰۰ تا ۱۶۰۰ کیلومتر دارند و تقریباً همه آنها از یخ و صخره تشکیل شده اند. در سال ۱۹۸۶، وویدجر ۲ ده قمر کوچک دیگر را برای اورانوس کشف کرد و حتی پس از آن و در سالها ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۰ چند قمر کوچک دیگر هم بدور اورانوس کشف شدند. همه قمرهای اورانوس سطحی تاریک دارند که به علت وجود متان در سطح آنهاست.

آمبریل یکی از تاریک ترین قمرهای موجود در منظومه شمسی است. آمبریل و اوبرون، هر دو به نظر می رسد دنیاهای مرده ای باشند که سطح آنها پر از اثر برخوردی در گذشته است. اما برخلاف ایندو، سطح اریل، نشان از فعالیت درونی آن می دهد و آثاری از فوران یخ از میان لایه های درونی آن به چشم می خورد. این پدیده در سطح تیتانیا، که بزرگترین قمر اورانوس است، هم دیده می شود. یکی از دلایل آن، وجود نیروهای کشندی بین آنها و قمرهای دیگر می تواند باشد. میراندا، سطحی بسیار ناهموار و غیر معمولی دارد. روی این قمر آثار برخوردهای زیادی دیده می شود، اما به نظر می رسد بیشتر آسیب های سطح میراندا، از طرف نیروهای کشندی دیگر قمرها باشد.

تا امروز ۲۱ قمر برای اورانوس کشف شده که کوچکترین آنها تنها ۲۶ کیلومتر قطر دارد.

نپتون:

در نگاه اول، به نظر می رسد نپتون برادر دوقلوی اورانوس باشد ولی تحقیقات بیشتر نشان می دهد تفاوت های بسیار زیادی بین این دو سیاره وجود دارد. نپتون ابعادی برابر با اورانوس (کمی کوچکتر) دارد و رنگ آن نیز آبی متمایل به سبز است که دلیل آن وجود متان در جو سیاره است. نپتون مدتی پس از کشف سیاره اورانوس کشف شد و البته وجود آن از قبل پیش بینی شده بود. ستاره شناسان پس از بررسی حرکات غیر معمول اورانوس در آسمان، به این نتیجه رسیدند که طبق مکانیک نیوتنی، باید یک جرم تقریباً مساوی به اورانوس در نزدیکی آن مشغول حرکت باشد که روی

مدار اورانوس تاثیر می گذارد و در قسمت های حرکت آن را تندتر یا کندتر می کند. به این ترتیب، به محض اینکه یک نقشه دقیق از آسمان در سال ۱۸۴۶ تهیه شد، محل سیاره نپتون مشخص گردید. نپتون درخشان تر از اورانوس است و دلیل آن وجود فعالیت های داخلی سیاره است که باعث می شود سیاره درخشان تر دیده شود. دانشمندان پس از محاسبه مقداری انرژی که از خورشید به نپتون می رسد و مقایسه آن با مقدار تابشی که سیاره انجام می دهد، به این نتیجه رسیدند که باید نپتون دارای فعالیت درونی باشد. این فعالیت درونی تفاوت عمده نپتون با اورانوس است. وجود فعالیت داخلی و در نتیجه داشتن جو متلاطم، نپتون را شبیه سیاره مشتری می کند.

ساختار جوی نپتون همانند اورانوس است و درصدی یکسانی هیدروژن، هلیوم و متان در آن وجود دارند. دمای سطح نپتون همانند اورانوس ۵۵K است و با اینکه نسبت به اورانوس در فاصله دورتری از خورشید قرار دارد، دمای سطح آن با دما سطح اورانوس برابر است. در جو نپتون، بر خلاف اورانوس ابرهای متان کاملاً واضح هستند و حتی با تلسکوپ های زمینی هم قابل رویت می باشند. زمانی که وویجر ۲ از کنار نپتون عبور کرد، بزرگترین مشخصه جو متلاطم نپتون را که یک لکه سیاه بزرگ با ساختاری همانند لکه سرخ مشتری بود، مشاهده کرد. این لکه سیاه، یک طوفان در جو است که همانند لکه سرخ مشتری در عرضی جغرافیایی مشخصی از نیم کره جنوبی دیده می شود و جهت چرخش آن هم پادساعتگرد است. ابعاد این طوفان با قطر زمین قابل مقایسه است. اما این طوفان مانند طوفان مشتری، پایدار نیست و در مواقعی از سطح سیاره ناپدید می شود. در سال ۱۹۹۴ که تلسکوپ هابل رو به نپتون قرار گرفت و تصاویری از آن ارسال کرد، از لکه سیاه آن اثری نبود ولی یکسال بعد لکه سیاره دوباره در جو سیاره شکل گرفت. اورانوس همانند مشتری دارای کمربندهای و منطقه های مشخصی در جو آنست. کمربندهای نپتون در قسمت هایی با رنگ های روشن مشخص می شوند که نشان دهند حرکت جو به سمت خارج و منطقه های تاریک، نشان دهنده حرکت جو به طرف قسمت های داخلی سیاره است. این حرکات نشان می دهند که نپتون علاوه بر جریان های باد از غرب به شرق و جریان های همرفتی از دو قطب به طرف یکدیگر، داران یک نوع حرکت دیگر در جو خود باشد که جهت آن به طرف داخل و خارج سیاره است. این جریان ها به علت فعالیت های درونی نپتون بوجود می آیند و کاملاً همانند جریانهای جوی سیاره مشتری هستند.

سیاره نپتون دارای ۸ قمر شناخته شده است که ۶ تای آنها توسط وویجر ۲ کشف شدند. قمرهای نپتون، مانند قمرهای اورانوس، دنیاهای کوچک، یخ زده و تاریکی هستند که اطلاعات بسیار کمی راجع به آنها موجود است. بزرگترین قمر نپتون، تریتون نام دارد که دارای مشخصات بسیار جالب توجهی است. تریتون بر خلاف قمرهای دیگر، در جهتی خلاف جهت دوران سیاره بدور آن گردش می کند. همچنین صفحه چرخش تریتون بدور نپتون، با استوای سیاره، زاویه ۲۳ درجه می سازد که این گمان را که تریتون یک قمر معمولی نیست و احتمالاً جرمی بدام افتاده در گرانش نپتون است را دو چندان می کند. بطور کلی تصور اینکه یک قمر همراه با سیاره شکل گرفته باشد ولی در جهت خلاف آن دوران کند و در صفحه استوای سیاره نباشد، غیر ممکن است. البته تریتون تنها قمری در منظومه شمسی نیست که این خصوصیات را دارد. تعدادی از قمرهای مشتری و زحل هم، در خلاف جهت دوران آنها بدون سیاره گردش می کنند، اما با قطری نسبتاً بزرگ (۲۷۰۶ کیلومتر - کمی کوچکتر از ماه)، تریتون بزرگ ترین قمر غیر عادی شناخته شده در منظومه شمسی به شمار می آید.

بررسی سطح تریتون نشان می دهد که این قمر باید بسیار جوان باشد، زیرا در سطح آن آثار برخورد بسیار کمی مشاهده می شود. احتمال دیگر اینست که توسط یکسری فعالیت های درون لایه های قمر، سطح آن از آثار برخورد های احتمالی پاک شده باشد. این فعالیت ها ممکن است مربوط به زمانی باشند که تریتون در جاذبه گرانش سیاره نپتون گرفتار شد. مدار تریتون در ابتدا کاملاً بیضی شکل بوده ولی هم اکنون حرکت آن در یک مدار دایروی

انجام می شود. سطح تریتون دارای پایین ترین دمایی در جهان است که توسط یک فضا پیما اندازه گیری شده. این دما که حدود ۳۳K است، باعث می شود نیتروژن در سطح آن منجمد شود، طیف جذبی نور منعکس شده از سطح تریتون، این موضوع را تایید می کند.

احتمال می رود که در آینده (۱۰۰ میلیون سال بعد)، به علت نیروهای کشندی، مدار حرکت تریتون بدور نپتون کوچکتر شود و در نهایت تریتون به سیاره نپتون بر خورد کرده و از بین خواهد رفت.

شباهت ها:

اولین شباهت بین اورانوس و نپتون، وجود عناصر و ترکیبات سنگین در جو آنهاست. اگر درصد عناصر سبک مانند هیدروژن و هلیوم در دو سیاره همانند مشتری و زحل باشد، این عناصر باعث می شدند تا اورانوس و نپتون گرانش کمتری داشته باشند و نمی توانستند با ابعادی مانند ابعاد امروزی خود وجود داشته باشند. ابعاد اورانوس و نپتون، چگالی بیشتر آنها نسبت به مشتری و زحل را تایید می کنند. این چگالی بیشتر، باعث ایجاد گرانش بیشتر بین مولکولهای تشکیل دهنده آنها می شود.

دومین شباهت آنها، انحراف جهت میدان مغناطیسی دو سیاره نسبت به محور دوران است. اندازه گیری ها نشان می دهند که میدان مغناطیسی اورانوس ۵۹ درجه و میدان مغناطیسی نپتون ۴۷ درجه با محور دوران آنها اختلاف دارد که این موضوع در مقایسه با سیارات دیگر بسیار غیر عادی است. این انحراف در زمین ۱۲ درجه و در مشتری ۱۰ است و در زحل هیچ انحرافی بین میدان مغناطیسی و محور دوران وجود ندارد. قطب های مغناطیسی نپتون و اورانوس از گوشه های شمال و جنوب محور دوران بسیار فاصله دارند. این موضوع ممکن است مربوط به عبور جرمی با میدان مغناطیسی قوی از کنار این دو سیاره باشد.

شباهت سوم، وجود سیستم حلقه های تاریک در دو سیاره است. این حلقه تا سالها پس از کشف دو سیاره، شناخته نشده بودند. در حقیقت حلقه های اورانوس در سال ۱۹۷۷ و در هنگام عبور اورانوس از جلوی یک ستاره پر نور، کشف شدند. حلقه های اورانوس و نپتون بر خلاف حلقه های زحل، تاریک هستند و پنهانی بسیار کمی دارند. به علت وجود متان در این حلقه، قسمت اعظمی از نور خورشید توسط آنها جذب می شود و به همین دلیل آنها تاریک هستند و به راحتی دیده نمی شوند. در سال ۱۹۸۶ وویجر ۲ توانست از حلقه های اورانوس در حالیکه عکس بگیرد که خورشید در پشت آن قرار داشت و توانست وجود ذرات صخره ای تشکیل دهنده آنها را نشان دهد.