زین پیش شاعران ثناخوان که چشمشان
در سعد و نحس طالع و سیر ستاره بود
بس نکته‌های نغز و سخن‌های پرنگار
گفتند در ستایش این گنبد کبود
اما زمین که بیشتر از هرچه در جهان
شایسته ستایش و تکریم آدمی است
گمنام و ناشناخته و بی‌سپاس ماند
هـ ـ الف ـ سایه

فصل اول

کلیات

۱-۱- تعریف علم زمین‌شناسی

زمین‌شناسی علمی است که به‌طور کلی درباره زمین صحبت می‌کند. این تعریف را بایستی کامل‌تر کرد زیرا موضوع علوم دیگری مثل هیئت ونجوم و . . .نیز درمورد زمین است ولی مقصود از زمین‌شناسی، شناسائی و مطالعه تئوریهای پیدایش زمین، وضعیت زمین در فضا، تاریخ زمین‌شناسی، شکل و ابعاد زمین، مشخصات فیزیکی و شیمیائی زمین و مواد تشکیل‌دهنده آن، بررسی عواملی که در وضعیت زمین تأثیر دارند و بالاخره مطالعه و شناسائی مواد مفید زمین و نحوه اکتشاف و استفاده از آنهاست.

زمین‌شناسی علم قدیمی و سابقه‌داری‌است.اصولا" بشر اولیه، همیشه در مورد زمین کنجکاو بوده است .این کنجکاوی را می‌توان معلول دو علت‌اساسی دانست. اول اینکه بشر و سایر موجودات زنده، هستی خود را مرهون زمین بوده و همیشه غذای خود را از آن به دست می‌آورده‌اند و بدین ترتیب مجبور بوده‌اند که دائما" ، در مورد آن مطالعه کنند تا بتوانند غذای مناسب و حتی‌الامکان متنوعی برای خود به دست آورند. نکته دومی‌که بشر را در مورد زمین همیشه نگران می‌کرده است وقوع حوادث ناگواری نظیر زلزله، طوفان، سیل و نظایر آن بوده که همیشه خسارات مالی و جانی زیادی را سبب می‌شده است و بشر به ناچار همواره درصدد بوده است که علل این حوادث را دریابد تا بتواند حتی‌المقدور از وقوع آن جلوگیری و یا حداقل آنرا پیش‌بینی کند.

علم زمین‌شناسی، یعنی آنچه که امروزه به عنوان علم جداگانه‌ای دارای رشته‌های

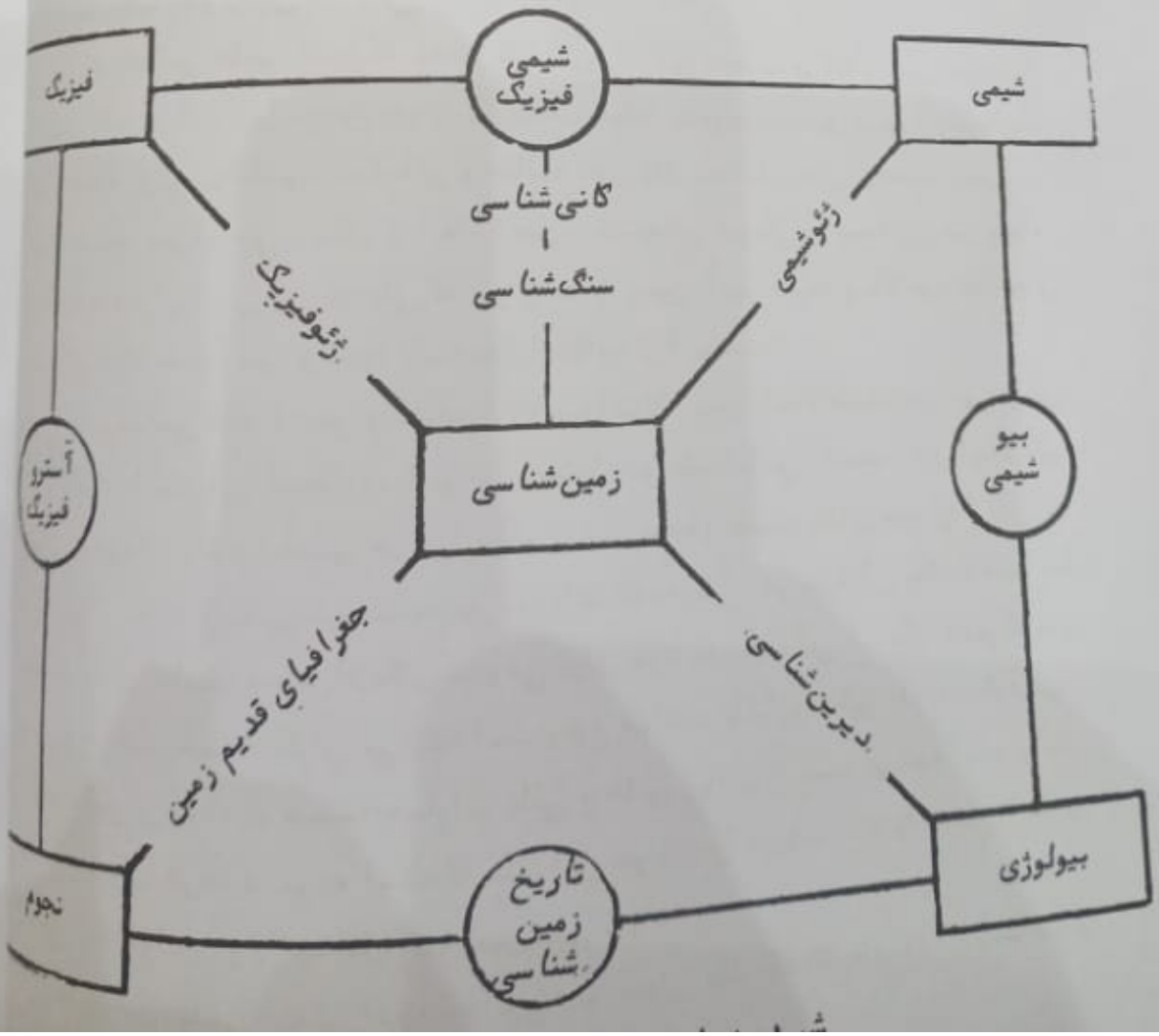
متنوعی است، بیش از دو سه قرن سابقه ندارد و مانند سایر رشته‌های علوم تحقیقات مداوم دانشمندان متعددی، این علم را به پایه امروزی رسانیده است.

۱-۲- ارتباط زمین‌شناسی با سایر علوم

همانند سایر علوم، زمین‌شناسی نیز نمی‌تواند بدون کمک دیگر رشته‌های علمی، موجودیت خود را حفظ کند. مهمترین رشته‌های علمی که زمین‌شناسی برمبنای آنها استوار است فیزیک، شیمی، مکانیک، بیولوژی و نجوم اند که ارتباط آنها در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.

۱-۳- تقسیمات علم زمین‌شناسی

پیشرفت وسیعی که امروزه در زمین‌شناسی حاصل شده، لزوم تقسیم‌بندی آنرا به رشته‌های تخصصی ایجاب کرده است. رشته‌های اصلی زمین‌شناسی به شرح زیر است:



۱ـ۳ـ۱ـ کانی‌شناسی[1] که درباره مواد معدنی تشکیل‌دهنده زمین، طرز تشکیل و نحوه شناسائی آنها گفتگو می‌کند.

۱ـ۳ـ۲ـ سنگ‌شناسی[2] که موضوع بحث آن سنگهای زمین، تقسیم‌بندی و چگونگی تشکیل آنها است.

۱ـ۳ـ۳ـ هواشناسی[3] که راجع به هوا و مشخصات آن بحث می‌کند.

۱ـ۳ـ۴ـ آب‌شناسی[4] که موضوع آن بحث درباره آبهای زمین است. این رشته خود به دو قسمت آبهای سطحی و آبهای زیرزمینی تقسیم می‌شود.

۱ـ۳ـ۵ـ زمین‌شناسی ساختمانی[5] که درباره ساختمان‌های طبیعی زمین بحث می‌کند.

۱ـ۳ـ۶ـ زمین‌شناسی فیزیکی[6] که درباره مشخصات طبیعی زمین بحث می‌کند.

۱ـ۳ـ۷ـ دیرین‌شناسی[7] که راجع به موجودات زنده‌ای که در قدیم زندگی می‌کرده‌اند و شرایط زندگی آنها بحث می‌کند. بااستفاده از این رشته، می‌توان سن طبقات مختلف زمین را محاسبه کرد.

۱ـ۳ـ۸ـ رسوب‌شناسی[8] که راجع به رسوبات و نحوه تشکیل آنها بحث می‌کند.

۱ـ۳ـ۹ـ چینه‌شناسی[9] که موضوع آن بحث درباره طبقات مختلف زمین و ارتباط آنها با یکدیگر است.

۱ـ۳ـ۱۰ـ ژئومرفولوژی[10] که درباره عوارض زمین و طرز پیدایش پستی و بلندی‌ها گفتگو می‌کند.

۱ـ۳ـ۱۱ـ ژئوفیزیک[11] که درباره خواص فیزیکی زمین نظیر جاذبه، ثقل، فشار و حرارت بحث می‌کند. در قسمتی از این رشته که به نام ژئوفیزیک عملی[12] معروف است، نحوه استفاده از خواص فیزیکی زمین در پی‌جوئی و اکتشاف منابع معدنی بحث می‌شود.

۱ـ۳ـ۱۲ـ ژئوشیمی[13] که راجع به خواص شیمیائی زمین و ترکیب مواد تشکیل‌دهنده آن گفتگو می‌کند. در قسمتی از این رشته که به نام ژئوشیمی عملی[14] خوانده می‌شود، نحوه

---

1. Mineralogy
2. Petrology
3. Meteorology
4. Hydrology
5. Structural Geology
6. Physical geology
7. Paleontology
8. Sedimentology
9. Stratigraphy
10. Geomorphology
11. geophysics
12. Applied geophysic
13. Geochemistry
14. Applied geochemistry

استفاده از خواص شیمیائی عناصر تشکیل‌دهنده زمین در اکتشاف منابع معدنی مورد بحث قرار می‌گیرد.

۱ـ۳ـ۱۳ـ زمین‌شناسی اقتصادی[15] این رشته از زمین‌شناسی درباره آندسته از مواد زمین که ارزش اقتصادی دارند گفتگو می‌کند و نحوه و شرایط تشکیل آنها را مورد بررسی قرار می‌دهد.

۱ـ۳ـ۱۴ـ زمین‌شناسی مهندسی[16] که درباره چگونگی استفاده از اطلاعات زمین‌شناسی در کارهای مهندسی نظیر سدسازی، جاده‌سازی و نظایر آن گفتگو می‌کند.

۱ـ۳ـ ۱۵ـ فتو ژئولوژی[17] این رشته، قسمتی از زمین‌شناسی است که براساس آن می‌توان با استفاده از عکس‌های هوائی نقشه زمین‌شناسی تهیه کرد و بعضی مطالعات زمین‌شناسی انجام داد.

۱ـ۳ـ۱۶ـ زلزله‌شناسی[18] که در آن زمین لرزه‌ها مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

۱ـ۳ـ۱۷ـ آتش‌فشان‌شناسی[19] که موضوع آن بحث در آتشفشان‌ها و فعالیت‌های آتش‌فشانی زمین است.

۱ـ۳ـ۱۸ـ اقیانوس‌شناسی[20] که اقیانوسها را مورد بررسی قرار می‌دهد.

۱ـ۳ـ۱۹ـ پالئو ژئوگرافی[21] که درباره شکل و توزیع خشکیها و دریاهای زمین در ادوار گذشته زمین‌شناسی بحث می‌کند.

۱ـ۳ـ۲۰ـ پالئو بوتانی[22] که راجع به گیاهانی‌که در قدیم می‌زیسته‌اند و چگونگی شناسائی آنها گفتگو می‌کند.

۱ـ۳ـ۲۱ـ دورسنجی[23] که در آن نحوه بررسی زمین با استفاده از ماهواره‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

---

15. Economic Geology
16. Engineering geology
17. Photogeology
18. ismology
19. Volcanology
20. ography
21. Paleogeography
22. botany
23. te sensing

گفت "آنجا چشمه خورشیدهاست
آسمانها روشن از نور و صفاست
موج اقیانوس جوشان فضاست
باز من گفتم که "بالاتر کجاست؟"

فریدون مشیری

فصل دوم

وضعیت زمین در فضا

۲-۱- عالم[1]

به نظر می‌رسد تعداد ستاره‌هائی‌که در یک شب‌صاف در آسمان دیده‌می‌شوند بی‌شمار باشند، ولی این احساس دور از واقعیت است زیرا تعداد ستاره‌های مرئی که با چشم غیر مسلح در آسمان قابل رویت است از ۶۰۰۰ تجاوز نمی‌کند. بدیهی است حتی استفاده از دوربین دوچشمی معمولی نیز تعداد ستاره‌های مرئی را تاحدود ۱۰۰،۰۰۰ افزایش می‌دهد و تعداد ستاره‌هائی را که می‌توان با یک‌تلسکوپ ۵متری (نظیر چنین تلسکوپی در رصدخانه مونت پالوما وجود دارد) عکسبرداری کرد، از یک میلیون متجاوز است (۲).

در حال حاضر ۸۸ صورت فلکی (مجموعه‌های از ستارگان که به شکل خاصی دیده می‌شوند و نامگذاری آنها غالبا" مربوط به زمان قدیم است) در آسمان شناخته شده است. در هر صورت فلکی، ستاره‌ها نامهای ویژه‌ای دارند و این‌گونه نامها بیشتر مبنای اساطیری دارد. معمولا ستاره‌های هر صورت فلکی برحسب نورانیت به ترتیب حروف الفبای یونانی مشخص شده‌اند. در جدول ۲-۱ مشخصات تعدادی از ستاره‌های معروف آسمان درج شده است. فاصله ستاره‌ها از هم و نیز فاصله آنها از زمین بسیار زیاد است. نزدیکترین ستاره به زمین خورشید است که فاصله آن به ۱۴۹ میلیون کیلومتر می‌رسد. فاصله بقیه ستاره‌ها از زمین به حدی زیاد است‌که برای بیان فاصله آنها بایستی از سال نوری استفاده کرد (هر

---

1. Universe

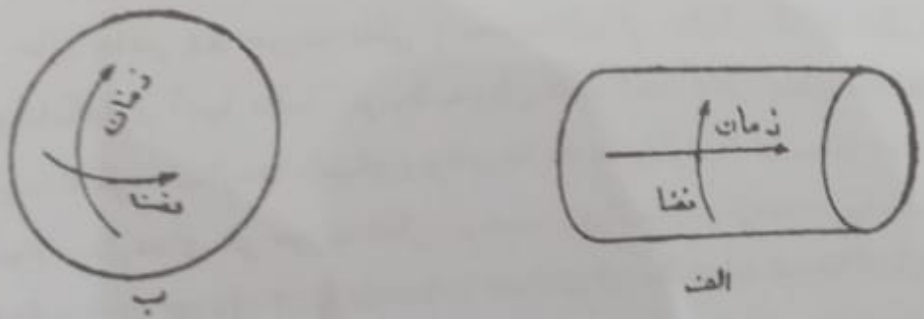
سال نوری فاصله‌ای است که نور طی یکسال طی می‌کند و برابر ۹۴۶×۱۰^{۱۰} کیلومتر است).

چنانچه از این جدول دیده‌می‌شود نزدیکترین‌ستاره بعداز خورشید ستاره α قنطورس است که ۴/۲۸ سال نوری با زمین فاصله دارد. همچنین پیداست که ستارگان رنگهای متفاوتی دارند که این رنگ به‌دمای‌سطح آنها بستگی‌دارد. مثلا" دمای سطح عیوق ۶۵۰۰ درجه مطلق (تقریبا" برابر خورشید) و دمای رجل‌الجوزا بیشتر از ۱۱۰۰۰ درجه مطلق‌واز آن ستاره سرخ رنگ قلب‌العقرب فقط ۳۰۰۰ درجه مطلق است.

باتوجه به فواصل ستارگان، می‌توان یک ایده‌کلی برای ابعاد عالم درنظر گرفت. براساس محاسباتی که به عمل آمده، قطر جهان در حدود یک میلیارد سال نوری تخمین زده شده است.

در مورد شکل جهان نیز فرضیات مختلفی ارائه شده است. براساس نظریات‌انشتین، جهان به حالت کروی چهار بعدی و انحنای آن مثبت است یعنی خواص هندسی آن شبیه به خواص هندسی یک کره است و همانطورکه یک کره مساحت معینی دارد که محصورومحدود به خودش است، فضای جهان نیز باید حجم معینی داشته باشد و بدین ترتیب یک سفینه فضائی که از نقطه معینی به راه افتد و همواره برروی یک‌خط مستقیم (خط‌ژئودزی) حرکت کند، انتظار می‌رود که از امتداد متقابل به نقطه عزیمت خود باز گردد (ش ۲–۱–الف).

نظریه دیگری که در مورد شکل جهان ارائه شده فرضیه دوسیتر ریاضیدان دانمارکی است. در مدلی که وی برای جهان ارائه می‌دهد، فضا و زمان هر دو انحنا یافته‌اند و در حقیقت شکل فضا شبیه به کره‌ایست که در آن، طول جغرافیائی به جای مختصات فضائی و عرض جغرافیائی به جای مختصات زمانی به کار رفته است (ش ۲–۱–ب).



ش ۲–۱– نظریات مختلف درباره جهان(۲)

جدول ۲–۱– مشخصات تعدادی از ستارگان مشهور (۲)

ردیف	نام اختصاصی	صورت فلکی مربوطه	رنگ	فاصله اززمین (سال نوری)
۱	شعرای یمانی	α کلب اکبر	آبی	۸/۶
۲	سهیل	α شاه تخته	مایل به زرد	
۳	نسر واقع	α شلیاق	آبی	
۴	عیّوق	α ممسك الاغه	زرد	
۵	سماك رامح	α بوتیس	نارنجی	
۶	رجل الجوزا	β جبار	آبی	
۷	شعرای شامی	α کلب اصغر	مایل به زرد	۱۱/۱
۸	آخرالنهر	α نهر	آبی	
۹	نسرطایر	α عقاب	آبی	
۱۰	یدالجوزا	α جبار	سرخ	
۱۱	الدبران	α ثور	مایل به سرخی	
۱۲	اسپیکا	α سنبله	آبی	
۱۳	منکب‌الجوزا	β جوزا	نارنجی	
۱۴	قلب العقرب	α عقرب	سرخ	
۱۵	فم‌الحوت	α حوت	آبی	
۱۶	دنب	α دجابه	آبی	
۱۷	قلب الاسد	α اسد	آبی	
۱۸	–	α قنطورس	–	۴/۲۸

براساس مشاهدات نجومی که توسط ادوین هبل[۲] در رصدخانه مونت‌ویلسن انجام گرفته، دیده شده است که نوری که از کهکشان‌های بسیار دور به ما می‌رسد، یک انتقال خطوط طیفی به‌سوی انتهای قرمز طیف نشان می‌دهد*. باتوجه به این مسئله که انتقال طیف به سمت قرمز به علت دورشدن منبع نور است به این نتیجه می‌رسیم که جهان ما در یک حالت انبساط یکنواخت است و سرعت دورشدن بین هر دو کهکشان در فضا متناسب با مسافت بین آنهاست. این تئوری بعدا" توسط ژرژلومتر[۳] تکمیل شد. بنا به نظریه این دانشمند، جهان ما در تاریخ تحول خود از یک حالت بسیار متراکم، بسیار داغ و کاملا متجانس که وی آنرا اتم ابتدائی یا هسته ابتدائی نام نهاده، گذشته است. درنتیجه انبساط تدریجی، جرمهای جهان رفته رفته سبک، سرد و متمایز شده و ساختمان بسیار پیچیده و درهم جهانی را که امروز می‌شناسیم به وجود آورده است. براساس همین نظریه باتوجه به سرعت دورشدن کهکشانها از هم و فاصله‌کنونی آنها، می‌توان سن تقریبی جهان را به دست آورد و مطابق این روش، سن جهان درحدود ۵ میلیارد سال تخمین زده‌می‌شود (امروزه سن جهان را بین ۵ تا ۱۵ میلیارد سال محاسبه کرده‌اند).

در اینجا لازم است که به مختصات‌فضائی عالم نیز اشاره کنیم. برای تعیین موقعیت ستاره‌ها و سایر اجرام فلکی، کره‌ای فرضی به عنوان کره عالم تعریف می‌کنند که مرکز آن زمین و شعاع آن دورترین ستاره قابل رویت است. محور این کره بر محور زمین منطبق است و منطقه‌ای‌از آسمان را که محور عالم به‌آنجامی‌رسد سمت‌الرأس ومنطقه‌مقابل‌آنرا درنیم‌کره دیگر، ندیر یا سمت‌القدم می‌گویند (ش ۲–۲). این نقاط به نام قطبین عالم نیز خوانده می‌شوند. دایره عظیمه‌ای را که عمود بر محور عالم‌باشد استوای‌عالم و دوایر صغیره موازی با آنرا مدارات عالم می‌خوانند و بهمین ترتیب دوایر عظیمه‌ای که از مرکز کره عالم گذشته

---

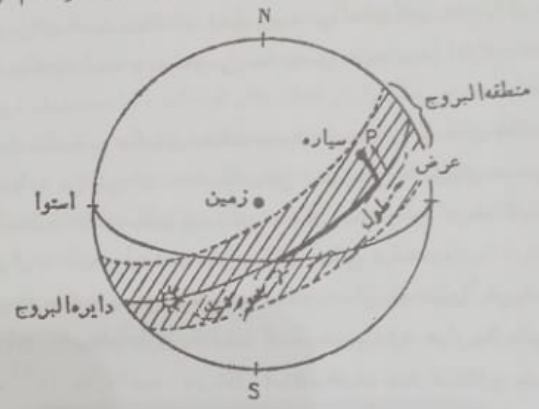
* در فیزیک پدیده‌ای به نام اثر دوپلر – فیزو وجود دارد که براساس آن هرگاه یک منبع ارتعاشی به طول موج λ با سرعت v حرکت کند، طول موج آن تغییر براساس‌رابطه‌زیر تغییر می‌کند:

$$\lambda' = \lambda \left(1 \mp \frac{v}{c}\right)$$

که در آن c سرعت نور است. علامت منفی برای وقتی که منبع ارتعاشی نزدیک و علامت مثبت برای هنگامی است که دور شود.

2. Edwin Hubble
3. George Lemaitre

و بر استوای آن عمود باشند،به نام نصف‌النهارات خوانده می‌شوند . دایره عظیمه‌ای‌که از مرکز عالم گذشته و با استوای آن زاویه ۲۷ دقیقه و ۲۳ درجه بسازد ، به نام دایره‌البروج و نوار باریکی از آسمان را که نسبت به این دایره قرینه است به نام منطقه‌البروج می‌خوانند (بعداً " خواهیم دید که سیارات منظومه شمسی در همین منطقه از عالم قرار گرفته‌اند .



ش ۲–۲– کره عالم (۳)

برای مشخص کردن موقعیت هر ستاره به دو مختصات احتیاج است .

۲–۱–۱– آزیموت ستاره – که عبارت از زاویه نصف‌النهار ستاره و نصف‌النهاری است‌که از نقطه شمال (N) واقع در استوای کره می‌گذرد (ش۲–۳) .

۲–۱–۲– ارتفاع ستاره – که عبارت از زاویه‌ای است که در نصف‌النهاری که از ستاره عبور می‌کند ، از افق تا ستاره ، اندازه‌گیری می‌شود (ش ۲–۳) .

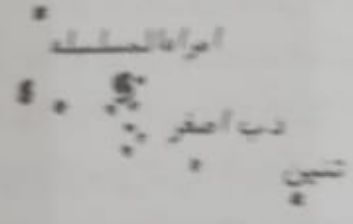
ش ۲–۳– آزیموت و ارتفاع ستاره‌ها (۴)

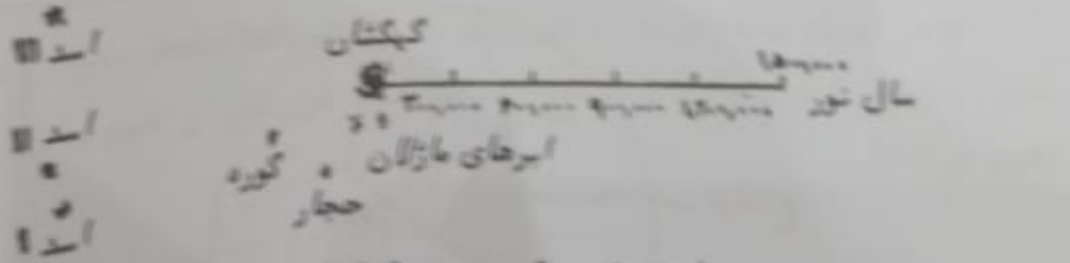
۲-۲- کهکشانها

مهمترین واحدهای عالم ، کهکشانها هستند که می‌توان آنها را به عنوان مجموعه‌ای از ستارگان تعریف کرد . تخمین زده می‌شود که در جهان ، حدود یک میلیارد کهکشان وجود دارد که هر یک ، از میلیاردها ستاره تشکیل شده است . در اطراف هر کهکشان مقدار زیادی گاز و غبار بین پراکنده است . مطالعات اخیر وجود توده‌های تاری دانه را در اطراف کهکشان آندرومدا[5] ثابت کرده است و به نظر می‌رسد چنین توده‌ای در اطراف سایر کهکشانهای بزرگ نیز موجود باشد .

هرچند کهکشانها به شکلهای مختلف وجود دارند ولی براساس مطالعات ادوین‌هبل از نظر شکل آنها را می‌توان به سه دسته بیضی ، مارپیچی یا بازوان منحنی و مارپیچی با قسمت مرکزی مستقیم ، تقسیم‌بندی کرد . این سه‌شکل بیش از نود درصد کهکشانهای شناخته شده را دربرمی‌گیرد . ده درصد بقیه دارای شکل منظمی نیستند .

کهکشانی که منظومه شمسی متعلق به‌آنست به نام راه شیری[6] معروف و نزدیکترین کهکشان مجاور آن " ابرهای ماژلان " است که درحدود ۱۶۰ هزار سال نوری از آن فاصله دارد و محتوی ۱۰[11] ستاره است . در شکل ۲-۴ موقعیت چند کهکشان مشهور نشان داده شده است .





ش ۲-۴- موقعیت چند کهکشان(۲)

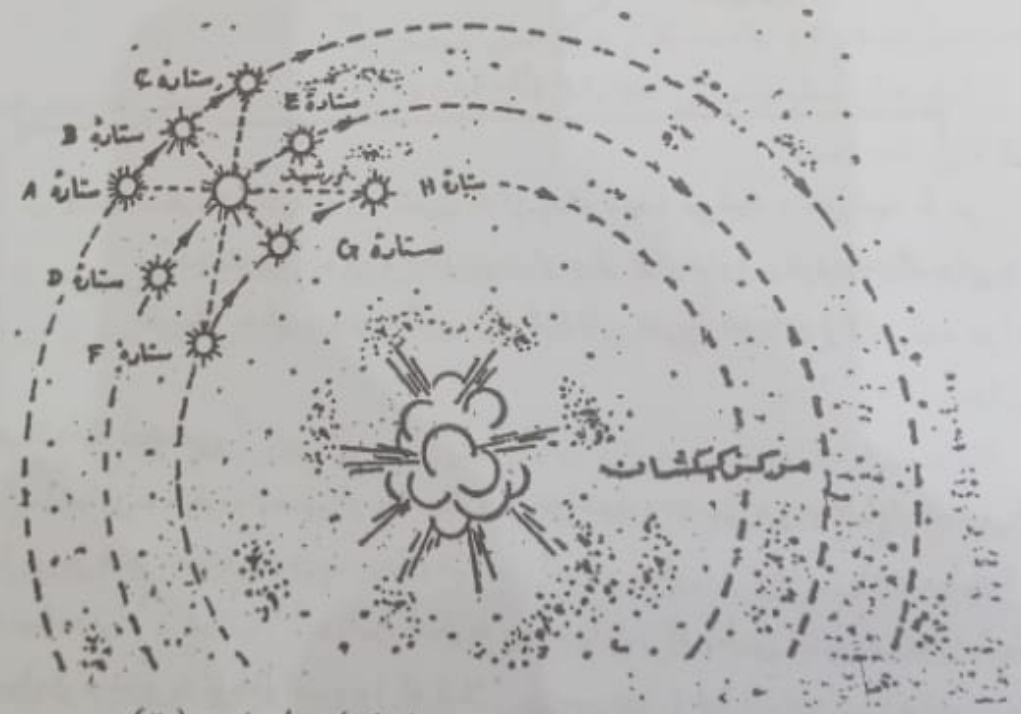
4. Galaxies
5. Andromeda

۲-۳- کهکشان راه شیری

در شبهائی که آسمان فاقد ابر است و ماه در آسمان نیست ، باریکه نورانی ضعیفی را می‌توان در آسمان دید که از افقی به افق دیگر کشیده شده است و هرگاه از نیمکره جنوبی به این باریکه نگاه کنیم ، آن را به صورت یک دایره کامل خواهیم دید . این باریکه نورانی به نام کهکشان راه شیری معروفست* . تعبیر علمی راه شیری توسط ویلیام هرشل[7] منجم انگلیسی بیان شد و وی این نورانیت ضعیف را به علت وجود ستاره‌های بیشمار و بسیار دوری که یک فضای عدسی شکل را در فضا اشغال کرده‌اند ، دانست .

امروزه می‌دانیم که راه شیری محتوی ۱۰۰ میلیارد ستاره و به شکل دیسکی است که قطر آن درحدود صدهزار و ضخامتش ده هزار سال نوری تخمین زده می‌شود .

براساس مطالعات انجام شده ، خورشید ما و نیز دیگر ستاره‌های این کهکشان ، برروی مداراتی کمابیش دایره‌ای به گرد مرکز کهکشان راه‌شیری دوران می‌کنند . دوره تناوب‌دوران خورشید به گرد مرکز کهکشان ، در حد ۲۳۰میلیون‌سال تخمین زده شده‌است و بدین‌ترتیب به نظر می‌رسد که خورشید در طی ۵ میلیارد سال عمرش ، بایستی در حدود ۲۲ دور به‌گرد مرکز کهکشان خویش گشته باشد (ش۲– ۵) .

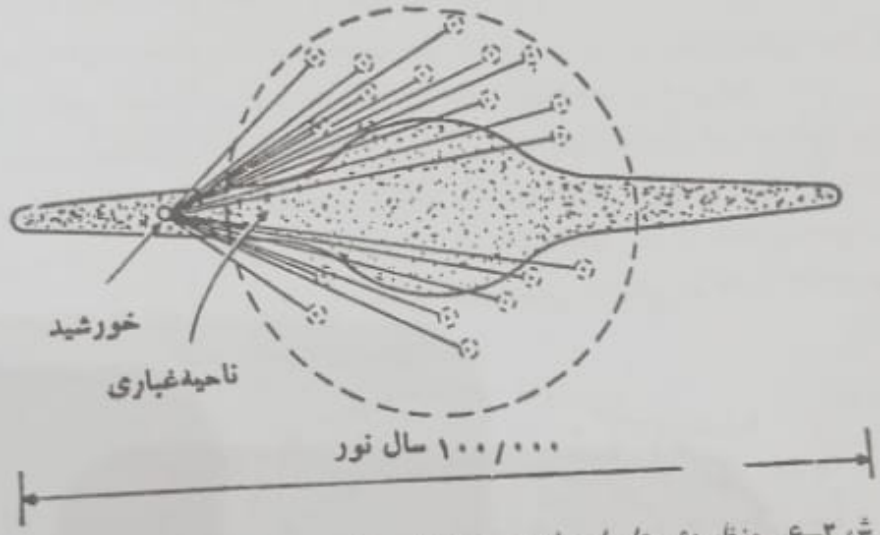


ش ۲– ۵ – موقعیت خورشید در کهکشان راه شیری(۲)

* نامگذاری راه‌شیری توسط شعرای یونان باستان انجام گرفته است و آنرا منسوب به شیری می‌دانسته‌اند که از "هرا" رب‌النوع خوشبختی به‌هنگام شیردادن هرگول ریخته شده است .

7. W-Hershel

نخستین تخمین ابعاد منظومه ستاره‌ای راه شیری توسط یک منجم آمریکائی به نام هارلوشپلی[8] انجام‌گرفت و براساس آن اعداد یادشده برای‌این کهکشان داده‌شد. براساس همین مطالعات، مشخص شد که خورشید در مرکز راه شیری واقع نیست بلکه در فاصله ۳۰۰۰۰ سال نوری از مرکز آن قرار گرفته است (ش ۲–۶) و نیز همین مطالعات نشان داد که تعداد زیادی توده گلبولی شکل در اطراف کهکشان راه شیری و به فاصله تقریبا" مساوی از مرکز آن قرار گرفته است.



ش ۲–۶– منظومه ستاره‌ای راه شیری که از پهلو دیده می‌شود. خورشید ما در مسافت‌تقریبا" ۳۰۰۰۰سال‌نوری از مرکز قرار دارد. توده‌های‌گلبولی تقریبا" به‌طورگروی به گرد مرکز کهکشان توزیع شده‌اند (۲)

۲-٤- منظومه شمسی[9]

۲–۴–۱– آشنایی– منظومه شمسی از یک ستاره (خورشید)، ۹۰سیاره و ۳۱ ماه، که دور این سیاره‌ها می‌چرخند، تشکیل‌شده‌است. علاوه‌بر این اجرام سماوی، تعداد زیادی‌سیاره‌سان[10] ستاره دنباله‌دار[11] و شهاب[12] دراین منظومه وجوددارند که تمامی آنها در نوار باریکه‌ای از کره سماوی موسوم به منطقه البروج (که قبلا" بررسی شد) قرار گرفته‌اند (موقعیت پلوتو

8. Harlow Shapley
9. The Solar System
10. Asteroids
11. Gomets
12. Meteors

از این نظر مستثنی است) .

راجع به وضعیت منظومه شمسی از مدتها پیش دانشمندان مختلف نظریات گوناگونی را ابراز کرده‌اند . مثلا" براساس نظریات هراکلید[۱۳] (۳۸۸ تا ۳۱۵ قبل از میلاد) زمین در مرکز عالم قرار دارد و خورشید ، عطارد و زهره به دور آن می‌چرخند . مریخ و مشتری و زحل نیز روی مدارهای مارپیچ به دور خورشید در حرکت‌اند .

در فاصله ۳۱۰ تا ۲۳۰ قبل از میلاد ، نظریه دیگری توسط آریستارک[۱۴] بیان شد که براساس آن ، همه سیارات به جز زمین ، به دور خورشید و خورشید به دور زمین می‌چرخند ولی این دانشمند در اواخر عمر خویش نظریه خود را تغییر داد و فرضیه منظومه شمسی با خورشید مرکزی را عنوان کرد که البته برای معاصرانش قانع‌کننده نشد و بالاخره کپرنیک (۱۵۴۳ – ۱۴۷۳) عقیده نهائی آریستارک را از سر گرفت و منظومه شمسی را بانظریه‌ای که امروزه نیز مورد قبول است به شرح زیر بیان کرد :

*الف*ـ مرکز منظومه شمسی خورشید است نه زمین .

ب ـ درحالی که ماه به گرد زمین می‌چرخد ، همه سیارات دیگر و منجمله زمین ، به دور خورشید می‌چرخند .

ج ـ زمین در هر ۲۴ ساعت یکبار حول محور خود می‌چرخد .

امروزه از منظومه شمسی اطلاعات دقیق‌تری در دست است که به‌طور خلاصه درجدول ۲ـ۲ درج شده است .

۲ـ۴ـ۲ـ مدار سیاراتـ در منظومه‌ای که توسط کپرنیک ارائه شد ، تصور می‌شد که مدار سیارات همگی دایره است ولی امروزه در مورد مدار سیارات قوانین کپلر به شرح زیر مورد قبول است :

*الف*ـ سیارات در ضمن حرکت به دور خورشید ، مدارهای بیضی شکلی طی می‌کنند که خورشید در یکی از کانونهای آن قرار دارد .

ب ـ خط فرضی‌ای که خورشید و سیاره را به هم وصل می‌کند ، در زمانهای مساوی مساحت‌های مساوی از مدار سیاره را جارو می‌کند .

ج ـ برای تمام سیارات منظومه شمسی ، مجذور زمان حرکت انتقالی با مکعب قطر بزرگ مدار متناسب است . در مورد مدار سیارات بایستی اشاره کرد که تمامی آنها تقریبا"

---

13. *Heraclide*

14. *Aristarque*

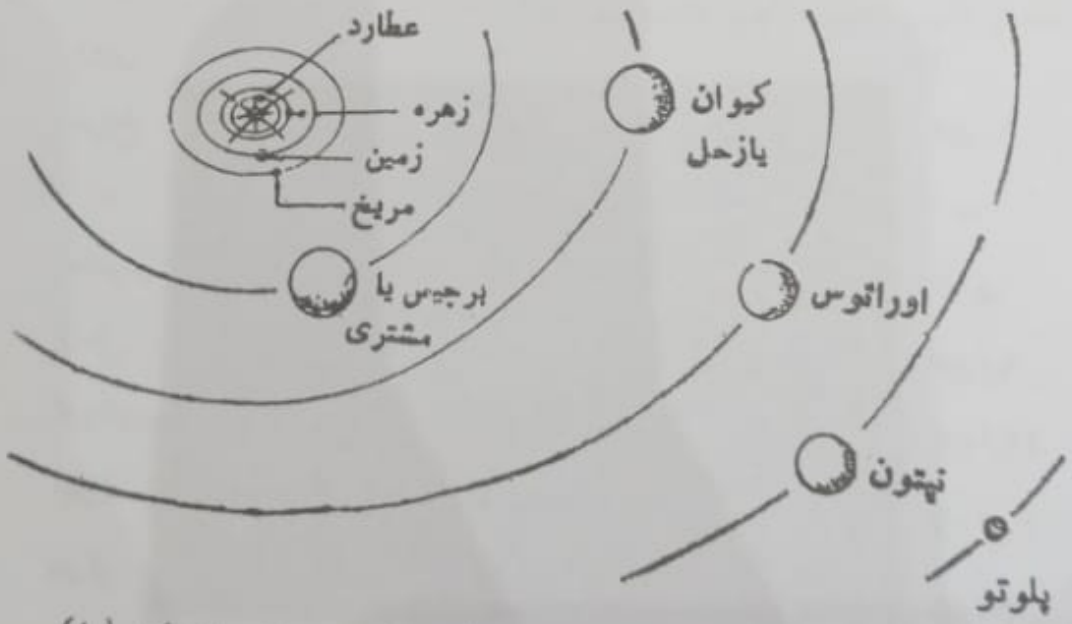
جدول ۲–۲– مشخصات خورشید و سیارات منظومه شمسی

ردیف	نام	علامت نجومی	نام لاتین	قطر به کیلومتر	فاصله از خورشید به میلیون کیلومتر	جرم مخصوص gr/Cm³	جرم نسبی (۱ = زمین)	تعداد اقمار	دمای ماکزیمم سطح C	مدت حرکت انتقالی	مدت حرکت وضعی
۱	عطارد (تیر)	☿	Mercury	۵۰۰۰	۵۷/۶	۵/۱۰	%۵	–	۳۵۰	۸۸ روز	۸۸ روز
۲	زهره (ناهید)	♀	Venus	۱۲۰۴۲	۱۰۸/۲	۵/۲۵	۰/۸۱	–	۵۰۰	۲۲۵ روز	۲۲۵ روز
۳	زمین	♁	Earth	۱۲۷۴۲	۱۴۹	۵/۵۲	۱	۱	۶۰	۳۶۵ روز	۲۴ ساعت
۴	مریخ (بهرام)	♂	Mars	۶۷۲۰	۲۲۵/۶	۳/۹۶	۰/۱۱	۲	۲۰	۱/۹ سال	۲۴ ساعت و ۳۰ دقیقه
۵	مشتری (هرمز)	♃	Jupiter	۱۴۲۰۰۰	۷۷۳	۱/۳۳	۳۱۸	۱۲	-۱۳۸	۱۲ »	۹ ساعت و ۵۰ دقیقه
۶	زحل (کیوان)	♄	Saturn	۱۱۴۰۰۰	۱۴۱۸	۰/۷۱	۹۵	۹	-۱۵۳	۲۹ »	۱۰ ساعت و ۱۴ دقیقه
۷	اورانوس	♅	Uranus	۵۱۶۰۰	۲۸۵۳	۱/۲۷	۱۴/۶	۵	-۱۷۰	۸۴ »	۱۰ ساعت و ۴۲ دقیقه
۸	نپتون	♆	Neptune	۴۴۶۰۰	۴۴۷۰	۲/۲۲	۱۷/۳	۲	-۲۰۰	۱۷۵ »	۱۵ ساعت و ۴۸ دقیقه
۹	پلوتو	♇	Pluto	۵۸۰۰	۵۸۷۲	۲	۰/۰۳	–	-۲۲۰	۲۴۸ »	۶/۵ روز
۱۰	خورشید	☉	Sun	۱۳۹۰۰۰۰		۱/۴۱	۳۳۲۰۰۰		۶۰۰۰		۲۷ روز

بر روی یک صفحه قرار گرفته‌اند (منطقه البروج) و مدار اکثر آنها بیضی نزدیک به دایره است* به جز در مورد عطارد و پلوتو که به ترتیب نزدیک‌ترین و دورترین سیاره‌ها به خورشیده‌اند که خروج از مرکز آنها نسبتا " زیاد است . بایستی یادآوری کرد که حرکت تمام سیاره‌ها در یک جهت و این جهت همان جهت حرکت وضعی خورشید است . همچنین‌زاویه بین مدار استوائی و مدار حرکت انتقالی سیاره‌ها نیز از ۳۰ درجه تجاوز نمی‌کند (ش۲–۷) (مگر در مورد اورانوس که این زاویه به ۹۸ درجه می‌رسد) . در شکل ۲–۸ وضع نسبی مدار سیارات منظومه شمسی نشان داده شده است . مطابق شکل ، عطارد ، زهره ، زمین و مریخ‌که در فاصله نزدیکتری به‌خورشید قراردارند به‌نام سیارات‌داخلی و بقیه که در فاصله‌زیادتری واقع شده‌اند، به نام سیارات خارجی خوانده می‌شوند .

ش ۲–۷– نمایش انحراف محور سیارات نسبت به محور سطح مدار آنها (۵)

۲–۴–۳– فاصله سیارات– برای اندازه گیری فواصل اجرام فلکی از سیستم اختلاف منظری



ش ۲–۸– وضعیت نسبی سیارات منظومهٔ شمسی به دور خورشید (۱)

* – نسبت فاصله کانونی بیضی به نیم قطر بزرگ آن خروج از مرکز نام دارد که هر چقدر به واحد نزدیکتر باشد ، بیضی به دایره شبیه‌تر است .

استفاده می‌کنند و با استفاده از این روش، فواصل دقیق سیارات را نسبت به خورشید به شرح جدول ۲–۲ محاسبه کرده‌اند.

در اواخر قرن هیجدهم، یک منجم آلمانی به نام بود[15] متوجه شد که در فواصل سیارات از خورشید، نظم و ترتیبی وجود دارد به‌طوری که اگر فاصله زمین تا خورشید را واحد درنظر گیریم، فاصله سیارات از خورشید را می‌توان از فرمول زیر به دست آورد:

$$x = 0.4 + 0.3 \times 2^{n-2} \qquad (۲–۱)$$

که در آن n شماره سیاره مربوطه و R فاصله نسبی آن تا خورشید است. نتیجه این رابطه در جدول ۲–۳ دیده می‌شود.

جدول ۲–۳– قانون بود درباره فاصله سیارات از خورشید

سیاره	فاصله نسبی ازطریق قانون بود	فاصله نسبی حقیقی
عطارد	۰/۴	۰/۳۹
زهره	۰/۷	۰/۷۲
زمین	۱	۱
مریخ	۱/۶	۱/۵۲
–	۲/۸	–
مشتری	۵/۲	۵/۲
زحل	۱۰	۹/۵۴
اورانوس	۱۹/۶	۱۹/۱۹
نپتون	۳۸/۸	۳۰/۰۷
پلوتو	۷۷/۲	۳۹/۵

چنانکه دیده می‌شود، مطابق رابطه بود بایستی سیاره‌ای بین مریخ و مشتری وجود داشت

15. Bode

باشد و به همین منظور وی از منجمان معاصر خود دعوت کرد که در جستجوی سیاره فرضی برآیند. در اول ژانویه ۱۸۰۱ " سیاره گم شده " برحسب تصادف توسط یک منجم انگلیسی به نام " پیازی " یافت شد که در مسافت ۲/۸ واحد نجومی از خورشید قرار گرفته‌بود. این سیاره به نام " سیرس" خوانده شد ولی به علت کوچکی فوق‌العاده (به قطر فقط ۷۷۲ کیلو متر) به نام " سیارک " نامگذاری شد. در مدت چند سال سه سیارک دیگر شناخته شد و با عنوان " پالاس " ، " ژونو " و " وستا " نامگذاری شد.

بدین ترتیب به جای سیاره‌ای که قانون بود به آن اشاره می‌کرد، دسته‌ای سنگهای آسمانی به اندازه‌های مختلف وجود دارد که در همان ناحیه‌ای‌که سیاره‌فرضی بایستی وجود می‌داشت، سیر می‌کنند. باتوجه به جدول ۲–۳ دیده می‌شود که در مورد نپتون و پلوتو اختلاف اعداد فاصله از قانون بود و فواصل حقیقی، زیاد است و در سایر موارد، تطابق خوبی بین این دو فاصله دیده می‌شود که مطمئنا " نمی‌تواند تصادفی باشد.

اشمیت[16] دانشمند روسی نیز قانون دیگری درباره فواصل سیارات به شرک زیر ارائه کرده است:

$$\sqrt{R} = a + bn \qquad (۲–۲)$$

در این رابطه R فاصله نسبی سیارات از خورشید، n مرتبه سیاره و a و b ضرایبی است که برای سیارات داخلی و خارجی اعداد مشخصی هستند. در جدول ۲–۴ فواصل حاصله از قانون اشمیت باهم مقایسه شده‌اند.

ش ۲–۹– منظومه شمسی در فضا (۵)

16 – Schmidt

جدول ۲-۴- رابطه اشمیت درباره فواصل سیارات

سیاره	جذر فاصله نسبی از رابطه اشمیت	جذر فاصله حقیقی
عطارد	۰/۶۲	۰/۶۲
زهره	۰/۸۲	۰/۸۵
زمین	۱/۰۲	۱
مریخ	۱/۲۲	۱/۲۳
مشتری	۲/۲۸	۲/۲۸
زحل	۳/۳۸	۳/۰۹
اورانوس	۴/۳۸	۴/۳۸
نپتون	۵/۲۳	۵/۴۸
پلوتو	۶/۲۸	۶/۲۹

۲-۵- خورشید[17]

قطر ظاهری خورشید که از زمین دیده می‌شود کمی بیش‌از نیم درجه است. قطر آن ۱،۳۹۰،۰۰۰ کیلومتر یعنی نزدیک به صدبرابر قطر زمین و جرم آن ۲×۱۰^{۳۳} گرم وچگالی نسبی آن ۱٫۴۱ است. چگالی خورشید در سطح ناچیز است و در عمق افزایش می‌یابد به طوری که در مرکز خورشید این چگالی به حوالی ۱۰۰ می‌رسد. هرچند دمای سطح خورشید حدود ۶۰۰۰ درجه سانتیگراد است ولی دمای مرکز آن درحدود ۲۰ میلیون درجه سانتی گراد تخمین زده می‌شود.

معمولا" در سطح خورشید بعضی نقاط تیره رنگ به نام لکه‌های خورشید[18] دیده

17. Sun
18. Sun spots

می‌شود که این لکه‌ها در حقیقت نتیجه فوران گازهای بسیار داغ است که گاه و بیگاه‌ازسطح خورشید خارج می‌شود و گاهی اوقات فوران آن‌ها به‌صدها هزار کیلومتر نیز می‌رسد. تعداد این لکه‌ها متغیر است و معمولا" به صورت زوجهائی کنار هم دیده می‌شوند. گاهی‌نیز این نقاط مجزا دیده شده‌اند که عمر آنها از چند روز تا چندین هفته متفاوت بوده است. ازنظر ابعاد، بایستی گفت که حتی کوچکترین لکه‌ها نیز از قطر زمین بزرگترند. تعداد لکه‌های خورشید معمولا" هر ۱۱ سال یکبار به‌حد ماکزیمم خود می‌رسد. هرچند این لکه‌هابه‌صورت قسمت‌های تار دیده‌می‌شود ولی پیش‌بینی‌می‌شود که دمای آنها فقط ۲۰۰۰ درجه‌سانتیگراد پائین‌تر از دمای خورشید باشد.

مطالعه لکه‌های خورشید نشان داده است که این ستاره در همان امتداد دوران زمین به دور خود می‌چرخد (طول مدت این گردش ۲۷ روز است).

مطالعات هیل[19] منجم آمریکائی در سال ۱۹۰۸ نشان داد که با وجودیکه به نظر می‌رسد خورشید میدان‌مغناطیسی منظمی نظیر میدان‌مغناطیسی زمین نداشته باشد، معذالک فعالیت مغناطیسی بسیار شدیدی، که مربوط به لکه‌های خورشید و دیگر اشکال موجود در سطح آنست، در آن دیده‌می‌شود و حتی می‌توان گفت که طوفانهای مغناطیسی زمین نیز به علت وجود طوفانهای مغناطیسی موجود در سطح خورشید است.

خورشید با سه قشر گازی احاطه شده که به ترتیب از داخل به خارج عبارتنداز:

الف- پوشش داخلی یا فتوسفر[20] که ضخامت آن حدود ۱۴۵۰۰ کیلومتر (۹۰۰۰مایل) و دمای آن حدود ۶۰۰۰ درجه مطلق است.

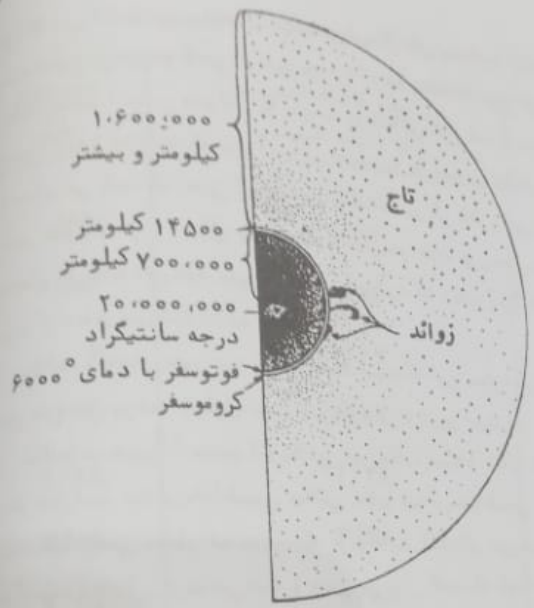
ب - پوشش میانی یا کروموسفر[21] دمای این ناحیه حدود ۵۰۰۰ تا ۳۵۰۰ درجه مطلق‌است.

ج - پوشش خارجی یا تاج[22] کروموسفر تدریجا" به تاج که ضخامت آن بالغ بر۱۶۰۰،۰۰۰ کیلومتر (یک میلیون مایل) است تبدیل می‌شود (ش ۲-۱۰). دمای تاج خورشید زیاد است و حتی تخمین زده می‌شود که به یک میلیون درجه برسد. چنین دمایی مسلما" نمی‌تواند توسط لایه‌های زیرین که درجه حرارت آنها حداکثر ۶۰۰۰ درجه است تولید شود و تفسیر آن تا مدتها معمائی‌بود ولی سرانجام، یک‌نفر منجم آمریکائی به نام شوارتس شیلد[23] آنرا توضیح داد. بنابر نظریه شوارتس شیلد، گازهای تاج توسط صدائی که حرکت گردابی فتوسفر تولید می‌کند گرم می‌شوند.

---

19. C.E.Hale

20. Photosphere



ش ۲–۱۰– ساختمان خورشید (۴)

در ترکیب آتمسفر خورشید به ترتیب فراوانی، عناصر هیدروژن، هلیم، اکسیژن، آهن، ازت، منیزیم، سیلیسیم، کربن، گوگرد، آلومینیوم، سدیم، کلسیم‌ونیکل تشخیص داده شده است. در اینجا لازم است به سیستم انرژی‌زائی خورشید نیز اشاره‌ای بکنیم. مقدار انرژی که در هر ثانیه بر هر سانتیمترمربع در خارج جو زمین می‌تابد ۰/۰۳۲ کالری یا $۱/۳۳\times۱۰^{۶}$ ارگ است. باتوجه به فاصله خورشید می‌توان میزان تشعشع کل آنراکه بالغ بر ۴×۱۰^{۳۳} ارگ در ثانیه است محاسبه کرد. هرچند این عدد نمایشگر عظمت تشعشع خورشید است ولی اگر این تشعشع را بر جرم کلی خورشید که ۲×۱۰^{۳۳} گرم است تقسیم کنیم درخواهیم یافت که تولید انرژی خورشید به ازای واحد جرم فقط ۲ ارگ در هر ثانیه است و این مقدار از یک درصد تولید گرمائی که به وسیله فرآیندهای متابولیسم در بدن ما تولید می‌شود کمتر است. بایستی به‌این نکته توجه‌کرد که تولید انرژی در خورشید یکنواخت نیست و منابع اصلی انرژی در نواحی داغ مرکزی آن قرار گرفته‌است به‌طوری که انرژی‌زائی در این ناحیه درحدود ۱۰۰ ارگ در ثانیه برای واحد جرم است.

برای توجیه انرژی‌زائی خورشید مطالعات زیادی انجام گرفته است. محاسباتی‌که در سال ۱۹۲۹ توسط هوترمنس[۲۴] فیزیکدان اتریشی و اتکینسن[۲۵] منجم انگلیسی در این زمینه

25. Atkinson

انجام گرفت به این نتیجه رسید که در دمای موجود در درون خورشید، این انتظار می‌رود که فعل و انفعالات هسته‌ای میان هسته‌های هیدروژن (پروتونها) و هسته‌های عناصر سبک دیگر، انرژی هسته‌ای کافی آزاد کند که بتواند تشعشع خورشید را توضیح دهد. پس از این راه‌حل، مطالعات جهت روشن‌شدن نحوه فعل و انفعالات هسته‌ای درون خورشید شروع شد و در سال ۱۹۳۷ راه‌حلی که " دوره کربن " نام دارد توسط بث آمریکائی و "فون‌وایتسکر" آلمانی بیان شد. چارلز کریچفیلد فیزیکدان آمریکائی نیز تئوری دیگری را که " فعل و انفعال H.H " نام دارد ارائه کرد. حاصل هر دو تئوری، تبدیل هیدروژن به هلیم است ولی تبدیل در این دو روش، به روشهای متفاوتی انجام می‌گیرد.

چون انرژی خورشید مربوط به تبدیل دائمی هیدروژن به هلیوم در درون آنست، خورشید مسلما " نمی‌تواند تا ابد بدرخشد و در آینده طبعا بدون سوخت خواهد ماند. برآورد شده که خورشید در مدت ۵ میلیارد سالی که از عمرش می‌گذرد تقریبا " نیمی از ذخیره هیدروژن اولیه را مصرف کرده است و بدین ترتیب هنوز سوخت هسته‌ای کافی برای ۵ میلیارد سال دیگر دارد.

چارلز کریچفیلد و ژرژگاموف پیش‌بینی کرده‌اند که در پایان این مدت انتظار می‌رود که نورانیت خورشید برای آخرین دقایق ۱۰ تا ۲۰ میلیون بار افزایش یابد و اقیانوسها را بر روی زمین به جوش آورد. پس از این آخرین تلاش، خورشید شروع به انقباض می‌کند و پژمرده می‌شود تا به‌کلی ضعیف و ناچیز شود.

۲-۶- عطارد یا تیر [۲۶]

عطارد نزدیکترین سیاره به خورشید و خروج از مرکز مدار آن از همه سیارات (غیراز پلوتو) بیشتر است و فاصله نسبی‌اش تا خورشید از ۰/۳۱ تا ۰/۳۹ تغییر می‌کند (فاصله زمین تا خورشید واحد فرض شده است). نکته جالب در مورد عطارد آنست که مدت‌حرکت وضعی و انتقالی آن هر دو یکسان و ۸۸ روز است و بدین ترتیب همیشه یکروی آن به طرف خورشید قرار دارد. دمای سطح روشن آن درحدود ۳۱۰درجه سانتیگراد و دمای سطح تاریک آن نزدیک صفر مطلق (-۲۷۳°) است. عطارد جز جوی خیلی رقیق ندارد و باوجود این معمولا مه‌های موقتی، که از بخار تشکیل شده است، یک قسمت از قرص آنرا تاریک می‌کنند. عطارد بدون آب، پوشیده از خاکستر و عملا بدون جو و بدین ترتیب زندگی در این سیاره مسلما " هیچگاه وجود نداشته است.

۲-۷- زهره یا ناهید [۲۷]

زهره فوق‌العاده درخشان و به آسانی در آسمان قابل رویت است. هرچند از قبل نیز اطلاعاتی در مورد زهره در دست بود، معذالک کاوشهای مارینر ۲۸ سفینه آمریکائی در ۱۹۶۲ و سفاین شوری که بعداز آن به فضا پرتاب شده‌اند، اطلاعات زیادتری در این زمین‌به‌دست داده است. مدار این سیاره تقریبا" دایره‌ای است و در مدت ۲۲۵ روز طی می‌شود و در همین مدت حرکت‌وضعی آن انجام می‌گیرد و بدین ترتیب مانند عطارد، مدت گردش‌وضعی و انتقالی آن یکسان است و بازهم به همین دلیل، مثل عطارد همیشه فقط یک طرف آن به سوی خورشید قرار دارد.

ابعاد و جرم زهره فقط کمی کمتر از زمین و چگالی آن نیز نزدیک چگالی زمین است (۵/۱۲ گرم بر سانتیمترمکعب) و بدین ترتیب به نظر می‌رسد که ترکیب درونی آن نیز بایستی مشابه ترکیب زمین باشد. از آنجا که جو زهره شامل طبقه ضخیمی از ابر و مه‌غلیظ است، مطالعه سطح آن آسان نیست. مواد اصلی جو زهره ازت و دی اکسید کربن است و اکسیژن جز به‌مقدار خیلی کم وجود ندارد. مطالعات مارینر II نشان داده است که‌این‌جو فقط مقدار خیلی کمی بخار آب دارد. جو زهره متراکم است و فشار در سطح آن از ۸ آتمسفر تجاوز می‌کند. ابرهای‌موجود در جو زهره دولایه را تشکیل می‌دهند، یکی در ارتفاع بسیار زیاد که خیلی رقیق است و دیگری خیلی‌پائین و غلیظ که ارتفاع آن از سطح کره از ۱۰۰ کیلو متر تجاوز نمی‌کند. دمای قشر ابردار حدود صفر درجه و دمای‌سطح آن درحدود ۵۰۰ درجه سانتیگراد است و بدین‌ترتیب باتوجه به دمای‌زیاد سطح، محیط مناسبی برای حیات نیست. علاوه‌براین، مطالعات نشان داده است که سطح این سیاره بایستی نسبتا" صاف و عاری از ناهمواری باشد. میدان مغناطیسی موجود در سطح زهره نیزدرحدود۰/۰۰۳ میدان‌مغناطیسی زمین تخمین زده می‌شود (اطلاعات ناشی از دو سفینه شوروی). از مشخصات ویژه دیگر زهره، تغییر قطر ظاهری آن به علت تغییر فاصله زهره از زمین است زیرا فاصله این سیاره از زمین بین ۴۲ و ۲۵۸ میلیون کیلومتر (در حالات مختلف مدار) تغییر می‌کند.

۲-۸- زمین

در مورد مشخصات زمین و نیز قمر آن در فصول آینده به تفصیل صحبت خواهد شد.

---

27. Venus
28. Mariner II

۲-۹- مریخ یا بهرام[۲۹]

برای شناسائی بیشتر مریخ مطالعات زیادی انجام گرفته و تا به حال چهار سفینه فضائی موفق به کسب اطلاعاتی در این زمینه شده‌اند. این سفاین به نام مارینر معروفند و به ویژه سفینه مارینر ۹ که در ۱۳ نوامبر ۱۹۷۱ به فضا پرتاب شد اطلاعات زیادی درباره این سیاره به دست داد که به کمک آن، نقشه مریخ تهیه شده است (ش۲-۱۱).

ش ۲-۱۱- نقشه عمومی مریخ که در سیستم تصویری مرکاتور نمایش داده شده است. تصور می‌شود نیمکره جنوبی که به رنگ تیره‌تر نشان داده شده پوسته قدیمی‌تر باشد. نیمکره شمالی هموارتر و پوسته آن جوان‌تر است. چندین آتشفشان بزرگ در پوسته جوان‌تر وجود دارد درصورتیکه در پوسته قدیمی‌تر دو ساختمان ضربه‌ای وسیع به نام آرژیر[۳۰] و هلاس[۳۱] دیده می‌شود. منطقه‌ای که به‌نام تیتونیوس لاکوس[۳۲] نامگذاری شده ناحیه دره‌های وسیع و عمیق است (۶)

29. Mars
30. Argyre
31. Hellas
32. Tithonius Lacus

قطر این سیاره ۶۷۲۰ کیلومتر و جرم آن درحدود ۰/۱ جرم زمین و دارای دوقمر به نام فوبوس[۳۳] و دیموس[۳۴] است. مریخ‌مانند زهره و زمین دارای‌جو اما این‌جو خیلی رقیق‌تر است و فشارش از ۰/۱ اتمسفر تجاوز نمی‌کند.

اجزای تشکیل دهنده جو این سیاره ازت، آرگن و به‌مقدار خیلی زیاد دی‌اکسیدکربن است (دوبرابر دی اکسید کربن موجود در جو زمین) اما اکسیژن به حالت آزاد در آن یافت نمی‌شود. این سیاره دارای قطب‌های یخی از جنس دی‌اکسیدکربن منجمد (یخ‌خشک) است. به‌علاوه، مانند زمین دارای فصول است و ضخامت قشر یخ در تابستان و زمستان به تناوب کم و زیاد می‌شود. سطح مریخ گاهی به علت وجود ابرهای زرد رنگی که در حقیقت ذرات گرد و غبار هستند غیرقابل رؤیت می‌شود و این گرد و غبار در اثر بادهای شدیدی که سرعت آنها گاهی به ۳۵ کیلومتر در ساعت می‌رسد ایجاد می‌شود. از آنچه که گفته شد به نظر می‌رسد که شرایط جوی مریخ باشرایط جوی زمین مطابقت‌دارد ولی دمای آن به‌علت دوری بیشتر از خورشید خیلی کمتر است به‌طوری که دمای متوسط سیاره را می‌توان ۶۰ ـ درجه سانتیگراد درنظر گرفت. باوجود این، دمای نقاطی که به بهترین حالت در مقابل نور خورشید قرار گرفته باشند، ممکن است به ۲۰ درجه سانتیگراد نیز برسد ولی سطح سیاره به هنگام شب فوق‌العاده سرد است و بی‌شک حرارت آن به ۱۰۰ـ درجه سانتیگراد می‌رسد.

در سطح مریخ مناطق قرمز رنگی را می‌توان تشخیص داد که این رنگ مشخصه مریخ است و در اولین نظر آنرا در آسمان می‌شناساند. این رنگها متعلق به بیابانهائی است که با ذرات اکسید آهن پوشیده شده است.

در اواخر قرن نوزدهم منجمان کانالهائی را در سطح مریخ دیده بودند که به عنوان کانالهای آبیاری تعبیر می‌شد ولی امروزه معلوم شده که رؤیت این کانالها ناشی از خطای باصره رصدکنندگان بوده است.

به‌طور خلاصه می‌توان گفت که مریخ یکی از شناخته‌شده‌ترین و جالب‌ترین سیارات است زیرا به استثنای زمین تنها سیاره‌ایست که شرایط فیزیکی، امکان گسترش حیات را در آن می‌دهد.

---

33. Phobos

34. Deimos

۲-۱۰- مشتری یا برجیس[۳۵]

قطر مشتری ۱۱ برابر قطر زمین (۱۴۳۰۰۰ کیلومتر) ، جرمش ۳۱۸ برابر وفاصله آن تا خورشید ۵/۲ برابر فاصله خورشید تا زمین است و طبیعتاً" با چنین عظمتی ، می‌توان آن را با چشم غیرمسلح در آسمان دید . این سیاره پس از زهره درخشانترین ستاره (به معنی عام) آسمان است .هرچند چگالی متوسط مشتری ۱/۳۳ گرم بر سانتیمترمکعب محاسبه شده ولی مطالعات نشان داده که چگالی سطحی آن خیلی کمتر از مقدار متوسط است و در مرکز سیاره ، هسته سنگین‌تری وجود دارد . سطح مشتری صاف و هموار است . مشتری هر ۹ ساعت و ۵۰ دقیقه یکبار به‌دور خود می‌چرخد و سرعت‌این چرخش در استوا سریعتر از قطب است . مطالعاتی که انجام شده این نظریه را به وجود آورده که اجزای اصلی تشکیل‌دهنده مشتری ، هیدروژن و هلیوم است زیرا مشتری به علت جرم زیادش، توانسته بعد از تشکیل منظومه شمسی ، گازهای سبک را نگهدارد . همچنین مطالعات نشان داده که در سطح‌سیاره، هیدروژن به حالت مایع است ولی در عمق ۱۰۰۰ کیلومتری ، هیدروژن به حالت جامد در می‌آید و در عمق بیشتر یعنی درحدود ۱۴۰۰کیلومتری،هیدروژن جامد به نوعی فلز تبدیل می‌شود که هادی الکتریسته است . درجه حرارت سطح سیاره درحدود ۱۴۰– درجه سانتی گراد برآورد شده‌است .سطح مشتری نیز از ابرهای ضخیمی ، که جز بالای آنها را نمی‌بینیم پوشیده شده است که این ابرها به احتمال قوی از آمونیاک و به شکل بلورهای‌کوچک تشکیل شده است . به نظر می‌رسد بیش از ۹۷% جو مشتری را هلیم تشکیل دهد و سایر عناصر تشکیل‌دهنده ممکن است نئون و آرگن باشند ولی اکسیژن مسلماً" نمی‌تواند به حالت آزاد در این سیاره وجود داشته باشد و بازهم بایستی گفت که به احتمال قوی در مشتری ازت‌به آمونیاک و اکسیژن به آب تبدیل شده و آمونیاک و آبی که بدین طریق به وجود آمده روی سطح سرد سیاره منجمد شده است . فشار جو در محل ابرها به حدود ده آتمسفر می‌رسد .

یکی از عجیب‌ترین خاصیت‌های مشتری،انتشار شدید امواج رادیو الکتریکی است که وجود آنها در ۱۹۵۵ کشف شد . مشتری نیز دارای میدان مغناطیسی است که شدت آن در سطح سیاره به ۵۰ گوس می‌رسد و محور قطب‌های مغناطیسی با محور دوران سیاره ، زاویه‌ٔ ° ۹ می‌سازد (برای زمین نیز چنانچه خواهیم دید پدیده مشابهی وجود دارد و این زاویه در مورد زمین حدود ۱۵ درجه است) .

مشتری ۱۲ قمر دارد که آخرین آنها در ۱۹۵۲ کشف شده است . فواصل این اقمار تا سیاره و دوره حرکت آنها خیلی متفاوت است به‌طوری که نزدیکترین آنها در ۱۲ ساعت و

35. Jupiter

دورترینشان در دو سال مدار خود را طی می‌کنند . بزرگترین اقمار مشتری که گانیمد[۳۵] نام دارد تقریبا" برابر مریخ است .

چهار قمر از دوازده قمر مشتری از نظر درخشندگی و ابعاد از بقیه متمایزاند به‌طوری که چگالی آنها از ۱/۵ تا ۳/۲ گرم برسانتیمترمکعب فرق می‌کند . این ۴ قمر از یخ و با سنگهای سبک تشکیل یافته‌اند و باتوجه به جرم آنها ، احتمالا" دارای جو نیز هستند .

۲-۱۱- زحل یا کیوان [۳۶]

زحل با حلقه‌های عجیب آن یکی‌از زیباترین سیاره‌های آسمانست ولی‌صرف‌نظر از این حلقه‌ها این سیاره شباهت زیادی با مشتری دارد . زحل در فاصله ۹/۶ واحد نجومی از خورشید قرار گرفته و قطر آن کمی کمتر از مشتری است . چگالی آن (۰/۶۸۵ گرم برسانتیمترمکعب) کمترین چگالی در منظومه‌شمسی است . زحل نیز مانند مشتری بایستی از هیدروژن و هلیوم جامد تشکیل شده باشد . در اینجا نیز هیدروژن در بخش مرکزی به صورت فلز در آمده است . سطح آن از هیدروژن مایع تشکیل شده و دمای پائین سطحی آن (۱۶۰– درجه سانتیگراد) مؤید این نظریه است .

سطح زحل از مشتری نیز هموارتر و مدت‌حرکت‌وضعی آن ۱۰ ساعت و ۱۴ دقیقه‌است. این سیاره نیز دارای ابرهائی است که احتمالا" از آمونیاک جامد تشکیل شده‌اند و نیز دارای جوی است که‌اجزای اصلی آن را هلیوم و هیدروژن تشکیل می‌دهند ولی درمقایسه‌با جو مشتری ، متان بیشتر و آمونیاک کمتری دارد . زحل نیز امواج رادیو الکتریکی از خود منتشر می‌کند .

زحل علاوه‌بر حلقه معروفش،دارای ۹ قمر است که خواص عمومی مدار آنها نظیر اقمار مشتری است و بزرگترین آنها موسوم به تیتان[۳۷] ، بعداز ماه ، شناخته شده‌ترین اقمار است چگالی این قمر ۲/۱ گرم‌برسانتیمترمکعب و جرمش برای نگه‌داشتن جوی غلیظ‌وابری‌کفایت می‌کند . دمای سطح تیتان درحدود ۱۵۰ درجه سانتیگراد محاسبه شده است .

حلقه‌های زحل که از زمان گالیله شناخته‌شده‌اند بی‌شک یکی از زیباترین مناظریست که می‌توان در یک تلسکوپ دید و هنگامی که گسترش این حلقه‌ها از دید ساکنین زمین به حداکثر می‌رسد ، دیده می‌شود که از سه قسمت یعنی از سه حلقه تشکیل شده‌اند (ش۲–۱۲) که آنها را به نام حلقه‌های A و B و C می‌خوانند .

36. Saturn

ش ۲-۱۲- حلقه‌های زحل (۷)

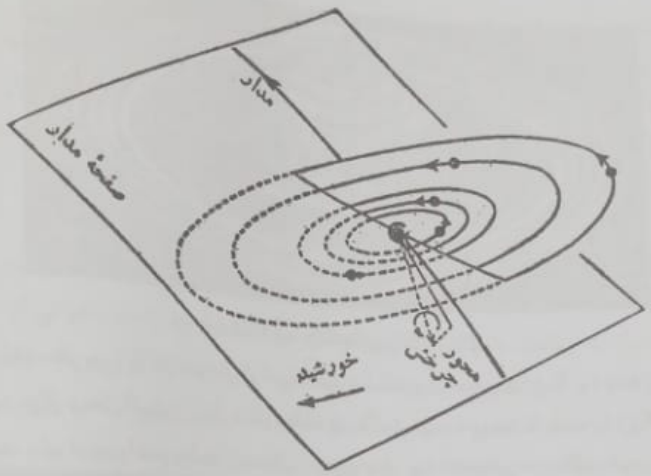
حلقه خارجی A که تیره‌تر از خود سیاره است و از ۱۱۵،۰۰۰ تا ۱۳۶،۰۰۰ کیلومتر نسبت به مرکز زحل گسترش دارد ،از حلقه B به‌گسترش ۹۰،۰۰۰ تا ۱۱۱،۰۰۰کیلومتر جدا شده است . روئیت واضح حلقه C مشکل است و مثل پرده ضعیفی در بالای قرص سیاره‌به‌نظر می‌آید .

ترکیب شیمیائی و منشاء حلقه‌ها از مدتها پیش مورد نظر ستاره‌شناسان بوده است . امروزه محرز شده است که این حلقه‌ها مطمئنا" یک پارچه و سیال نیستند بنابراین این حلقه‌ها ، بایستی از قطعات جامد با اندازه‌های مختلف ، که هریک به صورت قمری طبق قوانین کپلر به دور سیاره می‌چرخند ، تشکیل شده باشد . این قطعات احتمالا" از جنس یخ و جرم کلی حلقه‌ها از $\frac{۱}{۴۰۰۰۰۰}$ جرم کلی سیاره کمتر است .

۲-۱۲- اورانوس [۳۸]

اورانوس خیلی کمتر از زحل و مشتری شناخته شده است زیرا دورتر و قطر ظاهری آن فقط $۴^{"}$ است . این سیاره در ۱۷۸۱توسط هرشل[۳۹] کشف شد . اورانوس از مشتری و زحل کوچکتر،قطر آن ۳/۷ برابر قطر زمین و چگالی‌آن درحدود ۱/۶گرم برسانتیمترمکعب‌است . حرکت وضعی آن در ده ساعت و ۴۵ دقیقه به دور محوری تقریبا" خوابیده بر روی صفحه مداری ، طی می‌شود و این خصوصیتی است که در منظومه شمسی استثنائی‌است . به‌علاوه ، مجموعه اقمار آن نیز در صفحه‌ای خیلی نزدیک به صفحه استوائی سیاره می‌چرخند (ش ۲-۱۳) .

38. Uranus
39. Herschel



شکل ۲–۱۳– موقعیت اورانوس (۳)

ترکیب داخلی این سیاره با مشتری متفاوت است و هیدروژن حداکثر ۲۳ درصد جرم کلی آنرا تشکیل می‌دهد. اورانوس جوی ضخیم دارد که محتوی مقدار زیادی متان است. دمای آن حدود ۱۷۰– درجه‌سانتیگراد و آمونیاک موجود در سطح آن به حالت مایع است. به نظر می‌رسد مقدار زیادی هلیوم و هیدروژن نیز در جو آن موجود باشد.

اورانوس ۵ قمر دارد که به جز در دوربینهای نجومی خیلی بزرگ قابل رویت‌نیستند. همه آنها به سیاره نزدیک‌اند و در صفحه‌ای‌تقریبا" منطبق برسطح‌استوائی‌سیاره‌می‌چرخند.

۲-۱۳- نپتون ۴۰

نپتون اولین سیاره منظومه شمسی است که به علت دوری با چشم غیرمسلح‌قابل‌رویت نیست. اندازه آن تقریبا" برابر اورانوس و جرمش کمی بیشتر است. چگالی آن ۲/۱گرم‌بر سانتیمترمکعب است و بنابراین هیدروژن کمتری دارد (حداکثر ۱۴% جرم کلی). امروزه تصور می‌شود که قسمت اعظم نپتون از هلیوم و عناصر سنگین تشکیل شده باشد. جونپتون که در آن وجود هیدروژن و متان محرز شده، شبیه جو اورانوس و دمای سطح آن کم و در حدود ۲۰۰– درجه سانتیگراد است. نپتون در هر ۱۵ ساعت و ۸ دقیقه یکبار به‌دور خود می‌چرخد.

چند ماه پس از کشف نپتون بزرگترین قمر آن که به نام تریتون[۴۱] نامیده می‌شود کشف شد. تریتون روی مداری که نسبت به سطح مدار سیاره خیلی مایل است، در جهت معکوس به دور سیاره می‌چرخد (درحالی که چرخش خود نپتون در جهت مستقیم و همانند سایر سیارات است) .

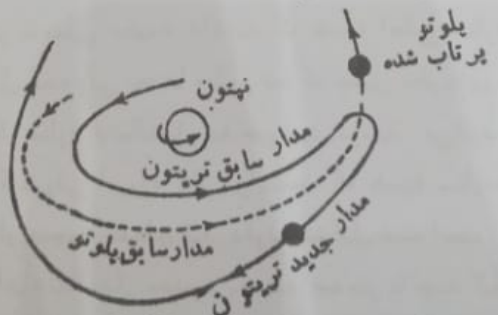
نپتون دارای قمر دیگری نیز هست که نرئید[۴۲] نام دارد. قمر اخیر در جهت مثبت به دور سیاره می‌چرخد .

۲-۱۴- پلوتو[۴۳]

پلوتو که در سال ۱۹۳۰ توسط تامبو[۴۴] کشف شد، دورترین سیاره منظومه شمسی از خورشید (۳۹/۵ واحد نجومی) و خروج از مرکز مدار آن بسیار زیاد است. مدار آن نیز خارج از منطقه البروج قرار دارد .

این سیاره را نیز باچشم غیرمسلح نمی‌توان دید. ظاهر آن تقریبا "شبیه سایر سیارات و قطر ظاهری آن کمتر از یک ثانیه است. محاسبات نشان داده که جرم این سیاره کمی کمتر از جرم زمین و زمان حرکت وضعی آن ۶/۴ روز است .

ازآنجا که خروج از مرکز مدار پلوتو زیاد است و با مدار سایر سیارات نیز تفاوت زیادی دارد، این تصور به‌وجود آمده که این سیاره درحقیقت مانند تریتون یکی از اقمار پنتون بوده است که هر دوی آنها روی مدار مشترک و معمولی در جهت مستقیم به‌دور نپتون می‌چرخیده‌اند. درضمن حرکت، به‌علت وجود اختلالات، این دو قمر با یکدیگر تصادف کرده و درنتیجه پلوتو به‌فاصله دورتری پرتاب شده و به‌صورت سیاره مستقلی درآمده است. تعویض جهت حرکت تریتون نیز نتیجه همین برخورد است (ش ۲-۱۴) .



ش ۲-۱۴- موقعیت پلوتو (۳)

۲-۱۵- سیاره‌سان‌ها، سنگهای آسمانی، ستاره‌های دنباله‌دار

چنانچه قبلا" نیز اشاره کردیم ، بین مریخ و مشتری و در فاصله نجومی ۲/۸ ،تعداد زیادی اجرام آسمانی وجود دارد که حتی تعدادی از آنها نامگذاری شده‌اند (مثل‌سیرس ، پالاس، ژوئو ، وستا و غیره) .

به‌طورکلی اینگونه اجرام آسمانی را می‌توان به سه دسته سیاره‌سان ، سنگهای‌آسمانی و ستاره‌های دنباله‌دار تقسیم کرد .

قطر سیاره‌سان‌ها از یک تا صدها کیلومتر متفاوت است و ذرات با ابعاد کمتر از آن‌به نام سنگهای آسمانی خوانده‌می‌شوند . این سنگها به علت کوچکی از زمین دیده‌نمی‌شوندو فقط‌وقتی قابل روءیت‌اند که وارد جو زمین شوند که در این حالت ، در اثر حرارت‌حاصلاز اصطکاک هوا ، نورانی شده و ذرات تشکیل‌دهنده آنها در فضا پخش می‌شود و حتی هسته تعدادی از آنها (به ابعاد چندین سانتیمتر تا چندمتر) به زمین برخورد می‌کند .

نظریه‌ای وجود دارد که سیاره‌سان‌ها و سنگهای آسمانی را باقیمانده سیاره بزرگی می‌داند که در اثر انفجار به قطعات کوچک تقسیم شده ولی هیچگونه دلیل معقولی درباره این انفجار ارائه نشده است .

از آنجا که حتی با جدیدترین تلسکوپ‌ها نیز نمی‌توان اجرامی به ابعاد سیاره‌سان‌ها را در فاصله دورتر از مشتری رویت کرد ، بنابراین چنانچه اجرامی به ابعاد سیاره‌سان در منطقه سیارات سنگین وجود داشته‌باشد ،نمی‌توان آنها را دید و از وجودشان اطلاع حاصل کرد و فقط یکدسته اجرام آسمانی‌ای که دارای مدار بیضی کشیده‌اند و به فاصله کمتر از ۲ واحد نجومی از زمین قرار دارند ، قابل روءیت‌اند . اینگونه اجرام را ستاره‌های دنباله‌دار می‌خوانند .

تا این اواخر منجمین عقیده داشتند که هسته اصلی ستاره‌های دنباله‌دار از مواد سنگین جامد تشکیل شده ولی بعدها معلوم شد که چنین نظریه‌ای صحیح نیست چه ،دراین صورت هنگامیکه یک ستاره دنباله‌دار به خورشید نزدیک می‌شود ، اثر جزر و مد خورشید بایستی آنرا خرد کند ولی امروزه نظر براینست که هسته ستاره‌های دنباله‌دار از ذرات جامدی که درون گاز منجمد شده‌ای قرار دارند تشکیل شده است .

قطر ستاره‌های دنباله‌دار محدود به چند صدمتر تا چند کیلومتر است .آارت۴۵ منجم هلندی عقیده دارد که تعداد زیادی ستاره دنباله‌دار به دور خورشید در گردشند . به عقیده وی تعداد این ستاره‌های دنباله‌دار در حدود صدها میلیون است که البته باوسایل

موجود قابل رؤیت نیستند و فقط هنگامی آنها را می‌توان دید که وارد مناطق بین سیارات شوند .

ستاره‌های دنباله‌داری که در منطقه سیارات سنگین قرار دارند ، تحت اثر جاذبه مشتری و زحل، مسیر خود را تغییر می‌دهند و حتی بعضی اوقات تحت اثر این جاذبه‌ها (و درنتیجه تغییر مسیر) از حوزه خورشید خارج شده و بدین ترتیب از تعداد آنها مرتبا" کاسته می‌شود . به هنگام عبور این ستاره‌ها از مجاورت زمین ، دم درخشان ستاره را به وضوح تمام می‌توان دید .

نه آفتاب را حرارتی بود
نه روز را روشنی
نه باد را غریوی بود
نه برگ را رویشی
چشم‌های ستاره نابینا بود
تن خاک از جان زندگانی خالی
و دریا
از آبی آبها بی‌بهره

م-امید

فصل سوم

پیدایش زمین و سیارات

۳-۱- آشنایی

از آنچه که در فصل گذشته بررسی شد به این نتیجه می‌رسیم که وابستگی زمین به منظومه شمسی زیاد است و بنابراین زمین و سایر سیارات منظومه شمسی بایستی به یک نحو تشکیل شده باشند .

قبل از اینکه به‌بحث‌درباره تئوریهای‌مختلف پیدایش منظومه‌شمسی بپردازیم بایستی به بعضی مسائل اشاره و نیز یادآوری کنیم که هر نظریه‌ای که عرضه می‌شود ، بایستی‌بتواند مسائل زیر را توجیه کند :

۳-۱-۱- همه سیارات روی مدارهائی با خروج از مرکز کم و در یک جهت می‌چرخندو مدار آنها با تقریب کافی در یک صفحه قرار دارد (به استثنای پلوتو) . خورشید در مدت ۲۷ روز به دور خود می‌چرخد و تمایل صفحه استوائی آن نسبت به مدار سیارات خیلی‌کم‌است. مجموعه اقمار سیارات نیز خصایص مشترک دارند مثلا " صفحه مداری اغلب آنها نزدیک به صفحه استوایشان و جهت‌حرکت وضعی‌سیارات و اقمارشان‌معمولا " یکی‌است ولی استثناءهای زیر نیز وجود دارد :

الف- مدار پلوتو خروج از مرکز زیادی دارد و نیز دارای تمایل زیادی نسبت‌به‌دایره البروج است .

ب - گرچه صفحه استوائی سیارات نسبت به صفحه مداریشان تمایل زیادی‌نداردولی در مورد اورانوس وضع کاملا " استثنائی است بدین معنی که صفحه استوائی اورانوس و نیز

صفحات مداری ۵ قمر آن، تقریبا" بر صفحه مداری سیاره عمودند.

ج ـ مدار اقمار خارجی مشتری و زحل خیلی مایل و با خروج از مرکز زیاد است و حتی تعدادی از آنها حرکت قهقرائی دارند و احتمالا" بایستی منشاء اینگونه اقمار، با اقمار داخلی منظم، متفاوت باشد.

۳ـ۱ـ۲ـ فواصل سیارات از خورشید نیز تابع نظام ویژه‌ای است و تقریبا" می‌توان آنها را به صورت اعداد متوالی یک تصاعد هندسی درنظر گرفت (قانون بود) و چنانچه قبلا" دیدیم، قانون بود به جز چند استثناء، در حد خوبی با فواصل سیارات تطابق دارد.

نکته‌ٔ جالب اینجاست که فواصل ۵ قمر اولیه مشتری، ۴ قمر اولیه زحل و مجموعه ۵ قمر اورانوس نسبت به سیاره مرکزیشان نیز، به صورت تصاعد هندسی است.

۳ـ۱ـ۳ـ به‌طورکلی سیارات را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد، سیارات داخلی یا خاکی که عموما" کوچک، دارای چگالی زیاد و حرکت چرخشی کنداند و تعداد اقمارشان نیز کم است. سیارات خارجی (غیر از پلوتو) معمولا" دارای جرم و ابعاد زیاد، چگالی کم، سرعت چرخشی زیاد و اقمار فراوان‌اند. بدین‌ترتیب ساختمان‌شمایلی این دو دسته‌سیارات متفاوت است.

۳ـ۱ـ۴ـ یکی از مشکل‌ترین مسائلی که مطرح شده مسئله " مقدار حرکت زاویه‌ای " سیارات است که واقعا" غیر عادیست. در مکانیک ثابت می‌شود که برای مجموعه‌ای نظیر منظومه شمسی، که تحت تأثیر هیچ عامل خارجی نیستند، مجموع مقدار حرکت اجزای آن ثابت است و تابع تغییرات داخلی منظومه نیست یعنی کاهش مقدار حرکت در یک جزء، با افزایش در جزء دیگر جبران می‌شود.

با اینکه بیش از ۹۹ درصد جرم کلی منظومه شمسی در خورشید متمرکز شده است ولی از آنجا که این ستاره حرکت‌وضعی‌کندی‌دارد (یکدور در ۲۷ روز) بیش از یک‌درصد مقدار حرکت کلی منظومه را دارا نیست درصورتیکه در مورد سیارات حاوی قمر، وضعیت برعکس است یعنی قسمت اعظم جرم و مقدار حرکت در سیاره متمرکز شده و مقدار ناچیزی از آن متعلق به اقمار است. در اینجا بازهم بایستی به یک نکته غیرعادی توجه کنیم زیرادرمورد زمین نیز چنین مسئله‌ای وجود دارد بدین معنی که بیش از ۸۳ درصد مقدار حرکت کلی زمین ـ ماه در ماه متمرکز شده است. در جدول ۳ـ۱ مقدار حرکت نسبی منظومه شمسی در شده است (مقدار حرکت زمین واحد فرض شده است).

جدول ۳-۱- مقدار حرکت نسبی خورشید و سیارات منظومه شمسی

سیاره	عطارد	زهره	زمین	مریخ	مشتری	زحل	اورانوس	نپتون	پلوتو	خورشید
مقدار حرکت نسبی	۰/۰۳	۰/۶۹	۱	۰/۱۳	۷۲۵	۲۹۴	۶۴	۹۵	۱	۲۰

حال که با مسایل موجود در زمینه تشکیل زمین و سیارات آشنا شدیم می‌توانیم نظریه‌های مختلف پیدایش زمین را به دودسته‌کلی نظریه‌های‌تصادفی یا دوتائی‌ونظریه‌های تکاملی یا انفرادی تقسیم کنیم .

۳-۲- نظریه‌های تصادفی

در این دسته نظریات ، تصور می‌شود که زمین و سیارات‌درنتیجه‌تأثیرمتقابل‌خورشید و یک جرم سماوی‌دیگر تشکیل‌شده‌اند و بدین‌جهت‌آنها را نظریه‌های‌دوتائی[1]نیز می‌خوانند. بایستی متذکر شد که اینگونه‌نظریات ،امروزه ارزش‌خود را از دست‌داده‌اند وبیشتر نظریات دسته دوم مورد قبول است معذالک از نظر سابقه تاریخی به آنها اشاره می‌کنیم .

۳-۲-۱- نظریه بوفون[2] - در سال ۱۷۴۵ بوفون فرانسوی نظر داد که تشکیل زمین‌وسیارات ممکن است نتیجه جداشدن قطعاتی از خورشید در اثر برخورد بایکستاره‌دنباله‌دارباشد. (امروزه می‌دانیم که ستاره‌های دنباله‌دار جرم کمی دارند و دم درخشان آن‌ها نیز از گازهای سبک تشکیل شده است) . با شناخت امروزی از ستاره‌های دنباله‌دار ، این نظریه مردود است . این ایراد نیز به نظریه بوفون وارد است که به فرض جداشدن قطعاتی از خورشید ، این قطعات بایستی مجددا" جذب شوند و به طرف خورشید برگردند و هرگاه فرض کنیم که نیروی جاذبه بین خورشیدو قطعه جداشده طوری باشد که بتواند آنرا به‌دور خورشید به گردش درآورد ، مدار آن بایستی به صورت بیضی دراز و کشیده باشد نه بیضی نزدیک به دایره . با اینکه نظریه بوفن ایرادات زیادی دارد به‌طوری که از نظر علمی آنرا بی‌ارزش می‌کند ، معذالک از این نظر که اولین تلاش در این زمینه است به هرحال اهمیت دارد .

---

1. Dualistic
2. Buffon

۳-۲-۲- نظریات چمبرلین[3] و مولتن[4] - این دودانشمند آمریکائی درفاصله ۱۹۰۱ تا ۱۹۰۵ نظریه‌ای را عرضه کردند. براساس این نظریه، ستاره‌ای از نزدیکی خورشید عبور کرده و حرکت این دو ستاره بالطبع تحت تأثیر نیروی جاذبه متقابل قرار گرفته است و درنتیجه به دور یکدیگر به گردش درآمده‌اند به طوریکه فاصله آنها از یکدیگر گاهی کم و گاهی زیاد شده است. وقتی که فاصله این دو ستاره از یکدیگر به حداقل رسیده، در اثر نیروی‌جاذبه، زائده‌ای از خورشید به سمت ستاره خارج شده و دمای زیاد گازهای تحت فشار آن، سبب ایجاد انفجارهای متعدد شده است. همراه هر یک از این انفجارها، مقداری از این زائده به سمت خارج پرتاب‌شده که این قسمت‌های جدا شده،به علت نیروی جاذبه ستاره‌به‌دنبال آن کشیده شده و در یک مسیر بیضی شکل در همان صفحه حرکت نسبی خورشید وآن ستاره شروع به چرخش به دور خورشید کرده است.

قسمت‌های سنگین‌تر این قطعات جدا شده، هستهٔ اولیه سیارات را تشکیل داده‌است که ضمن گردش به دور خورشید، با ذرات و قطعات دیگری برخورد کرده و ذره‌های مجاور خود را در اثر نیروی جاذبه جذب کرده‌اند. مطابق این نظریه، اقمار نیز به گونه‌ای‌مشابه، از هسته‌هائی که در مجاورت سیارات قرار داشتند، بوجود آمده‌اند.

بدیهی است این نظریه نیز اشکالات فراوانی دارد. مثلا" فرق اساسی بین سیارات داخلی و خارجی را نمی‌تواند توجیه کند وعلاوه‌براین، جفریز دانشمند انگلیسی‌با محاسبه نشان داد که تعداد این برخوردها و سرعت نسبی آنها آنقدر زیاد است که مواد قبل از اینکه امکان انباشته شدن را داشته باشند، تبخیر شده و از بین می‌روند.

۳-۲-۳- نظریه جفریز - جینز[5] - این نظریه، که درحقیقت مکمل نظریه قبل است، در سالهای ۱۹۱۸ و ۱۹۱۹ عنوان شد. در این نظریه فرض می‌شود که خورشید درزمان تشکیل سیارات، حجم خیلی‌زیادتری داشته و عبور ستاره دیگری از نزدیکی آن، سبب شده است که توده باریک و درازی از خورشید جدا شود. این توده، به علت ناپایداری به قطعاتی تقسیم شده است که این قطعات، در مسیر بیضی شکلی به دور خورشید گردش می‌کرده‌اند. به هنگام نزدیک شدن این توده‌ها به خورشید در اثر نیروی جاذبه خورشید، قسمت‌هائی از بعضی سیارات جدا شده و اقمار آنها را تشکیل داده است.

این نظریه نیز مردود است زیرا اولا فاصله ستاره‌ها از یکدیگر به قدری زیاد است که

3. Chamberlin

4. Molton

وجود دو تای آنها در جوار هم ، از پدیده‌های نادر است و ثانیا توده جدا شده‌ازخورشید، به قدری داغ است که پیش از سرد و متراکم شدن و به صورت سیارات درآمدن، به سرعت پراکنده می‌شود .

به علت این اشکالات‌بود که در سال ۱۹۲۹ جفریز مجددا " تئوری بوفون رابه‌صورتی جدید عنوان کرد . مطابق این نظریه ، به‌جای اینکه ستاره از نزدیکی خورشید بگذرد، برخوردی بین آن سیاره و خورشید روی داده ولی این تصادف درست از روبرو نبوده (زیرا در این صورت نه حرکت دورانی به وجود می‌آمد و نه مقدار کافی از مواد تشکیل‌دهنده خورشید از آن جدا می‌شد) بلکه نیمه خورشید با نیمی از آن ستاره برخورد کرده است . در اثر این برخورد ، اولا خورشید و ستاره هر دو دارای حرکت دورانی شده‌اند و ثانیا " توده باریک و درازی از گازهای خیلی داغ که دارای حرکت بسیار مغشوش و درهم گردبادی بوده بین دو ستاره به‌وجود آمده است . بعدا " درنتیجه سردشدن این توده ، سیاره‌ها به‌گونه‌ای که در نظریه قبلی بیان شد ، به وجود آمده‌اند .

این نظریه نیز ایراداتی‌دارد .ازجمله‌نمی‌تواند مسئله‌مهم توزیع مقدارحرکت‌زاویه‌ای سیارات را توضیح دهد و نیز فرض اینکه خورشید در گذشته دارای حجم خیلی بیشتری از حجم فعلی بوده با دلایل محکمی رد شده و می‌توان گفت که خورشید در گذشته‌نیز ،تقریبا همین وضعیت را داشته است .

۳ـ۲ـ۴ـ نظریه راسل[6]ـ برای رفع اشکالات نظریه جفریزـ جینز،راسل منجم‌آمریکایی در سال ۱۹۳۵ پیشنهاد کرد که ممکن است خورشید در بدو امر یک ستاره دوتائی‌وستاره دومی به مراتب از خورشید کوچکتر بوده است و در فواصل متناسب با فاصله سیاره‌های کوچک منظومه شمسی ، به دور خورشید دوران می‌کرده است . در اثر برخوردی که بین این ستاره کوچک و ستاره اصلی انجام گرفته‌است ،سیارات منظومه شمسی به وجود آمده‌اند .این‌نظریه نیز همانند سایر نظریه‌های تصادفی امروزه طرفداری ندارد .

۳ـ۳ نظریه‌های تکاملی

این نظریه‌ها ، تشکیل سیارات را براساس تکامل تدریجی آنها بیان می‌کند که‌در زیر آنها را به ترتیب قدمت بررسی می‌کنیم :

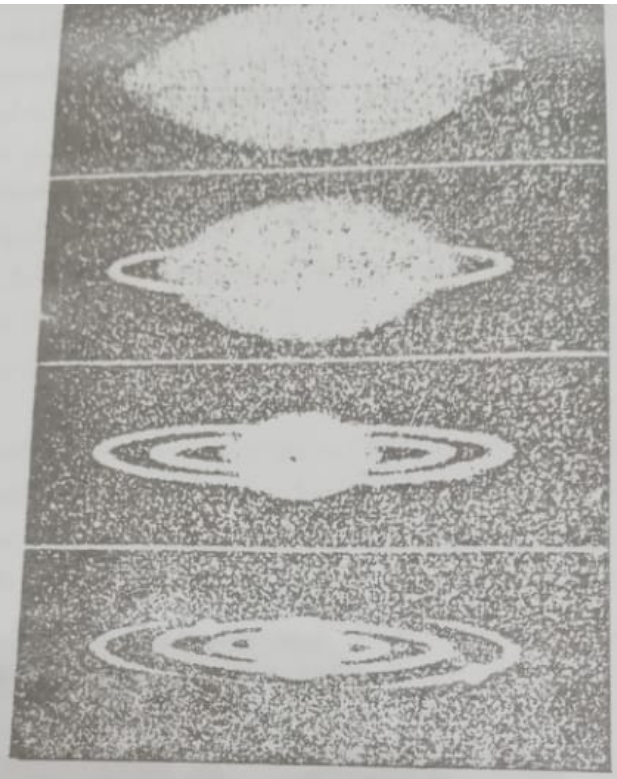
6. Russell

۳-۳-۱- نظریه کانت[۷]- براساس این نظریه که در سال ۱۷۵۵ بیان شد، خورشید امروزی در مرکز توده‌ای از گاز و ذرات جامد ریز موسوم به نبولا[۸]، قرار داشته و نبولا در اثر نیروی جاذبه، حول خورشید در گردش بوده است. بعدا" در اثر سردشدن، در این توده اولیه مراکز مختلفی به وجود آمده که دور هر یک از این مراکز، قسمتی از نبولای اصلی به گردش درآمده و سیارات و اقمار آنها را تشکیل داده است.

طبق عقیده کانت، هرچه سیاره بزرگتر باشد نیروی جاذبه آن بیشتر و درنتیجه تعداد اقمار آن بیشتر است. این نظریه از آنجا که نمی‌تواند توزیع مقدار حرکت زاویه‌ای را توضیح دهد و نیز اشکالات دیگری که دارد امروزه مردود است.

۳-۳-۲- نظریه لاپلاس[۹]- در ۱۷۹۶ لاپلاس کتابی به‌نام " شرح سیستم جهان " منتشر کرد که در قسمت‌های آخر آن نظریه‌ای راجع به منشاء سیارات بیان شده بود. این نظریه که شباهت زیادی با فرضیه کانت داشت به زودی شهرت یافت و تا ۱۵۰ سال مورد قبول عامه بود زیرا به گونه‌ای بسیار ساده و نزدیک به ذهن، منشاء سیارات را بیان می‌کرد.

برطبق نظریه لاپلاس، سیاره‌ها از یک ماده رقیق که اطراف خورشید اولیه را فراگرفته و ابعاد آن از حدود ابعاد منظومه‌فعلی بیشتر بوده‌است به وجود آمده‌اند. این ماده رقیق مانند جسمی صلب که به‌خورشید متصل باشد، به دور محور آن می‌چرخیده است. به‌تدریج ماده رقیق یاد شده، خنک و متراکم شده و برطبق قانون " بقاء مقدار حرکت زاویه‌ای " در اثر تراکم، سرعت گردش آن زیاد شده است. پس از مدتی، نیروی گریز از مرکز که به قسمت‌های بیرونی توده اثر می‌کرده، از نیروی جاذبه خورشید بیشتر شده و درنتیجه کمربندی نظیر آنچه که امروز به دور زحل دیده می‌شود، از استوای خورشید اولیه جدا شده است. بعدها در این کمربند، در اثر تراکم و تمرکز، شکافهائی به وجود آمده و آنرا به حلقه‌هائی تقسیم کرده است. توزیع ماده در تمام حجم حلقه یکسان نبوده و ازتراکم بعدی ماده موجود در هر حلقه، در یک نقطه از آن حلقه، به تدریج سیاره‌ای تشکیل شده است. سیاراتی که بدین نحو تشکیل شده‌اند بر مدارهای دایره‌ای و در سطح استوای خورشید اولیه به گردش درآمده‌اند (ش ۳-۱).



ش ۳ـ۱ـ نظریه *لاپلاس* درباره پیدایش منظومه شمسی(۵)

لاپلاس معتقد بود که در اثر اصطکاک موجود بین ذرات مادی، حلقه مفروض مثل یک جسم صلب حرکت می‌کرده و بنابراین تمام اجزای آن سرعت زاویه‌ای یکسان داشته ولی قسمت خارجی حلقه با سرعت خطی زیادتری از قسمت داخلی آن می‌چرخیده است. بنابراین وقتی ماده در حجم کمتری متمرکز و سیاره تشکیل می‌شده، جرم تشکیل شده نیز دارای یک حرکت وضعی در همان جهت حرکت انتقالی می‌شده است. در اثر خنک‌شدن وتراکم بیشتر، سرعت دوران سیاره زیادترمی‌شده واحیانا "حلقه یا حلقه‌هائی مشابه آنچه که درمورد خورشید ذکر شد از آن جدا شده و بدین ترتیب اقمار سیاره به وجود می‌آمده است.

در رد نظریهٔ لاپلاس می‌توان اقماری را نام برد که دارای حرکت معکوس‌اند. به‌علاوه در این نظریه نیز توزیع مقدار حرکت توضیح داده‌نشده‌است. یکی دیگر از دلایل عمده‌ای که در رد نظریه لاپلاس اقامه می‌شود، حرکت وضعی بسیار کند خورشید است. برای اینکه

حلقه‌های فرضی لاپلاس در اثر سرعت زیاد بتواند از خورشید جدا شود ، بایستی سرعت گردش آن صدها بار سریعتر از میزان فعلی آن‌باشد و نیز اگر درنظر گیریم ، که‌قطر خورشید اولیه درحدود قطر فعلی منظومه بوده است ، در این صورت ، سرعت گردش آن بایستی کم باشد که در این صورت جداشدن حلقه‌ها از آن امکان‌پذیر نیست .

۳–۳–۳– نظریه لی‌گونده[10]– در اواخر قرن نوزدهم ، لی‌گونده فرضیه شهابی تشکیل منظومه شمسی را بیان کرد . وی تراکم ماده را معلول دو علت دانست.یکی برخوردهای غیرالاستیک ذرات و دیگری وجود نیروی چسبندگی بین آنها و نتیجه گرفت که در اثر وجود این دو نیرو ، ماده در یک قرص دوار متراکم شده و بعدها سیارات از آن به وجود آمده‌اند .

۳–۳–۴– نظریه فون‌وایتسکر[11]– این نظریه در ۱۹۴۳ به وسیله وایتسکر عرضه و بعدها به وسیله دانشمندانی نظیر ترهار[12] و شاندر اسخار[13] تکمیل شد . دراین نظریه فرض می‌شود که دور خورشید (که قبلا" شکل یافته) ، قرص گازی شبیه سحابی فرضی در نظریه لاپلاس وجود داشته که بیش از ۹۹ درصد آن را هیدروژن و بقیه را عناصر سنگین تشکیل می‌داده است . در این قرص گازی که حرکت چرخشی براساس قوانین کپلر داشته است ، فرض‌می‌شود که مجموعه پایداری از گردباد وجود داشته که ابعاد آنها از مرکز به طرف خارج به صورت تصاعد هندسی زیاد می‌شده است (ش ۳–۲) .

ش ۳–۲– نظریهٔ گردبادی منظومهٔ شمسی بنا به نظر وایتسکر (۳)

گازهای سحابی ، به علت تأثیر نیروهای شیمیائی ، [illegible]

غبارهائی انباشته شده و این غبارها برای تشکیل حلقه‌های درشت، که به ایجاد سیارات منجر می‌شود، دسته‌بندی می‌شوند. حلقه‌های مزبور در منطقه جداشدن گردبادهای متوالی به وجود می‌آمد شد و بنابراین فاصله آنها از خورشید به صورت تصاعد هندسی است.

چون خورشید و سحابی اولیه در این نظریه منشاءهای متفاوتی دارند، هیچ اشکالی در توزیع مقدار حرکت زاویه‌ای وجود ندارد و بدین ترتیب بایستی تصور کرد که مقدار حرکت خورشید از ابتدا کمتراز مقدار نظیر سحابی بوده‌است. بااین نظریه، چگونگی وجود دو دسته سیارات متفاوت را نیز می‌توان توجیه کرد. در سحابی اولیه، تنها آن دسته از مواد توانسته‌اند در نزدیکی خورشید متراکم شوند که کمتر فرار بوده و سیارات کوچک و متراکم را، که از عناصر سنگین تشکیل‌شده‌اند ایجادکرده‌اند ولی‌عناصرسبک مثل هیدروژن و هلیوم، خود به خود در ماوراء منطقه، آنجا که خورشید دیگر اثر حرارتی زیاد ندارد متراکم شده و سیارات بزرگ را تشکیل داده‌اند.

هرچند این نظریه فاصلهٔ سیارات و نیز توزیع مقدار حرکت و بالاخره نحوه تشکیل دو دسته سیارات را توجیه می‌کند ولی این ایراد به آن وارد است که بایستی از فرضیه نسبتا" ساختگی گردبادها، که به وجود آنها اطمینانی نیست، کمک گرفت.

۳–۳–۵ – نظریه کوپیر[14] – در سال ۱۹۴۹ کوپیر تحقیق درباره منشاء منظومه شمسی را بر اساس نظریات وایتسکر را آغاز کرد. وی معتقد شد که سیارات در اثر یک رشد دائمی و به هم پیوستن قطعات کوچک به وجود نیامده‌اند بلکه در اول به صورت جرم بسیار بزرگتر از اندازه فعلی تشکیل شده و با از دست‌دادن مقداری ماده، به صورت سیارات کنونی‌درآمد. کوپیر، پیدایش جرم بزرگ اولیه را نتیجه بروز آشفتگی در ماده ابری اولیه می‌داند. وی معتقد است که ماده اولیه ابری شکل و خورشید در یک زمان به وجود آمده‌اند و خورشید خود نیز محصول تراکم ماده ابری شکلی است که سیارات اولیه از آن تشکیل شده‌اند. او ابتدا معتقد بود که سیارات اولیه پس از شروع تشعشع خورشید به وجود آمده‌اندولی‌بعدا" نظریه خود را تغییر داد و معتقد شد که سیاره‌های اولیه موقعی تشکیل شده‌اند کـه‌خورشید هنوز شروع به تشعشع نکرده بود. منظور کوپیر از سیارات اولیه همان اجرام فرضی بسیار سنگینی است که با از دست دادن ماده، به سیاره‌های امروزی تبدیل شده‌اند. با وجود اینکه او درباره ترکیب شیمیائی سیارات زیاد بحث نمی‌کند معذالک معتقد است کـه زمین اولیه، در راه تبدیل به زمین امروزی نه تنها گازهای فرار، بلکه قسمتی از سیلیکاتهای

14. Kuiper

خود را نیز از دست داده است . کوپیر بعدا " نظر خود را در مورد پیدایش سیارات خاکی تغییر داد و برخلاف نظریه قبلی خودش معتقد به انباشته شدن تدریجی ماده در ایجاد سیارات مذکور شد.وی همچنین نظر قبلی خود را مبنی‌بر تشکیل سیاره‌سان،اقمار و به طورکلی اجرام متوسط از تراکم گازها پس گرفت و تشکیل آنها را نتیجه تراکم تدریجی دانست و از این نظر ، نظریه او تقریبا " مشابه نظر اشمیت شد .

۳ـ۳ـ۶ـ نظریه فزنکوف[۱۵]ـ در سال ۱۹۵۱ فزنکوف دانشمند روسی ، که تا آنوقت معتقد به جدا شدن سیارات از خورشید در اثر دوران سریع آن بود و عامل این جداشدن را نیروی گریز از مرکز می‌دانست ، نظریه تشکیل و پیدایش سیارات از ماده ابری اولیه را قبول کرد . وی با این نظر کوپیر که خورشید و ماده ابری اولیه در یکزمان به وجود آمده‌اند واینکه ماده ابری اولیه به تعدادی جرم بزرگ تبدیل شده که هر یک بعدا " سیاره‌ای را تشکیل داده‌اند موافق است .

۳ـ۳ـ۷ـ نظریه یوری[۱۶]ـ در سال ۱۹۵۱ یوری دانشمند آمریکائی نیز نظریه‌ای را عنوان کرد که تاحدودی با سایر نظریات متفاوت و بر اطلاعات ناشی از نجوم متکی بود . وی تشکیل زمین را نتیجه انباشتگی و تراکم ذرات جامد دانست و نظریه وی از این جهت با نظریه اشمیت ، که بعدا " بررسی خواهد شد شباهت دارد . او عقیده دارد که سطح اجرام سیاره‌سان که زمین و سیارات از اجتماع آنها به وجود آمده در ابتدا گرم بوده است . اگر این نظر صحیح باشد ، بایستی اختلاف چگالی مریخ ، ماه ، عطارد و زهره در مقدار آهن موجود در هسته آنها باشد ولی یوری این اختلاف را بدین ترتیب تفسیر می‌کند که سطح اجرام متوسطی که کرات مزبور را تشکیل داده‌اند در ابتدا به یک اندازه گرم نبوده و بنابر این مقدار سیلیکات تبخیرشده در تمام آنها متفاوت بوده‌است و بدین ترتیب چگالی آنها باهم تفاوت دارد . در این نظریه نیز علت گرم شدن سطح اجرام و نحوه این گرم شدن روشن نیست و بدین ترتیب ایراداتی دارد .

۳ـ۳ـ۸ـ نظریه آلفون[۱۷]ـ آلفون فیزیکدان‌سوئدی نیز نظریه خویش را بین سالهای۱۹۴۲ تا ۱۹۵۴ عرضه و تکمیل‌کرد .وی معتقد است که در موقع تشکیل سیارات ، خورشید در میان یک توده داغ و یونیزه واقع و میدان مغناطیسی قوی داشته و گازهای موجود در اطراف آن

هادی الکتریسته بوده است. این توده گاز، که حرکت دورانی داشته، در آخرین مراحل تحول خود، فضائی را در حد فاصله عطارد تا خورشید اشغال می‌کرده است. چون خورشید هم از همین توده گازی به وجود آمده است لذا مقدار حرکت زاویه‌ای آن در حدود مقدار حرکت زاویه‌ای توده گازی بوده و بدین ترتیب سرعت زاویه‌ای قسمت‌های خارجی توده گازی به مراتب کمتر از سرعت زاویه‌ای خورشید بوده است. در قسمت‌های مرکزی توده گازی، همه اجسام به صورت یونیزه بوده‌اند ولی به سمت خارج توده به ترتیب هلیوم، هیدروژن، اکسیژن، کربن، سلیسیم، آهن و منیزیم از صورت یونیزه خارج شده و به حالت خنثی درمی‌آیند. نیروی دافعه ناشی از میدان مغناطیسی خورشید از جذب ذرات یونیزه به خورشید جلوگیری کرده و بدین ترتیب، به تدریج ذرات یونیزه و غیریونیزه از یکدیگر جدا شده‌اند.

واضح است که وقتی اجسام دور به خورشید نزدیک می‌شده‌اند، در اثر بالارفتن دما در فواصل مختلف یونیزه شده و هرگاه نیروی دافعه مغناطیسی از نظر مقدار مساوی یا بزرگتر از نیروی جاذبه می‌شده، حرکت جسم به سمت خورشید نیز متوقف می‌شده است.

آلفون توضیح می‌دهد که براین اساس، چهار توده گازی به وجود آمده که اولی از هلیوم، دومی از هیدروژن، سومی از کربن و چهارمی از آهن و سلیسیم تشکیل شده‌است. البته در هر یک از این توده‌ها، ناخالصی‌هائی از توده‌های دیگر نیز وجود داشته است. به نظر وی بعدها، سیارات به ترتیب از این چهار توده به وجود آمده‌اند.

۳ـ۳ـ۹ـ نظریه هویل[18] ـ این نظریه در ۱۹۵۵ به‌وسیله هویل دانشمند انگلیسی عنوان شده است. هویل تشکیل سیارات را به تشکیل خود خورشید مربوط می‌کند. وی معتقد است که همهٔ آنها از ابری گازی‌شکل، که دارای میدان مغناطیسی و در حال چرخش بوده، به وجود آمده‌اند. این ابر تحت تأثیر جاذبه موجود بین ذرات تشکیل دهنده خود، متراکم شده و درحالیکه به تدریج سرعت چرخش آن افزایش می‌یافته، کم‌کم به صورت یک بیضوی مسطح در آمده است (ش ۳ـ۳). هویل با محاسبه نشان می‌دهد که درلحظه‌ای که قطر استوائی توده به حد مدار فعلی عطارد برسد، قسمت مرکزی توده تدریجاً "منقبض می‌شود و بالاخره، خورشید را تشکیل می‌دهد.

چنین فرآیندی به انتقال مقدار حرکت زاویه‌ای بین جرم مرکزی (خورشید) و قرص اولیه دخالت می‌کند. خطوط نیروی مغناطیسی خارج شده از خورشید (ش ۳ـ۴) مثل

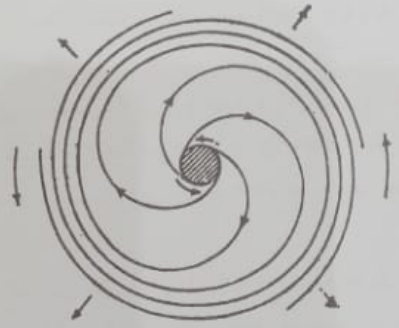
---

18. Hoyle

طنابهای یونیزه شده‌ای فرض شده‌اند . درحالی‌که خورشید سریعتراز قرص می‌چرخد ، خطوط نیرو مطابق شکل به خود می‌پیچند و حرکت خورشید را کند و بالعکس حرکت قرص را سریع

ش ۳–۳ سه مرحلهٔ متوالی *انقباض سحابی اولیه ، بنابر نظریهٔ هویل (۳)*

می‌کنند و بدین ترتیب ، مقدار حرکت را از قسمت مرکزی به قرص گازی انتقال می‌دهند .



ش ۳–۴– نظریه هویل (۳)

اکنون بایستی به تشکیل سیارات اشاره کرد که مسلما " از تراکم مستقیم گازی که آنها را تشکیل می‌دهد به وجود نیامده‌اند زیرا جاذبه خورشید این کار را غیرممکن می‌کند . اما خورشید مانع تشکیل قطرات بسیار کوچک مایعات یا ذرات ریز جامدات نمی‌شود . مطابق این نظریه،ترکیب قرص گازی با ترکیب خورشید فعلی و ستارگان و مواد موجود بین‌ستارگان تفاوت کمی دارد یعنی اساسا " شامل هیدروژن ، هلیوم و مقدار ناچیزی از عناصر سنگین است . در ابتدا ، به علت گرمای خورشید (که از تراکم عناصر فرار مانند هیدروژن‌وهلیوم جلوگیری می‌کند) ، تنها عناصر سنگین می‌توانند به صورت ذرات ریز که در عقب گاز قرص قرار می‌گیرند به گسترش و انباشتگی خود ادامه دهند . سیارات خاکی که به طور عمده از آهن ، سیلیسیم و منیزیم تشکیل شده‌اند ، بدین ترتیب به وجود آمده‌اند . باتوجه‌به‌آنچه

که گفته شد ، هرچقدر قرص گاز از خورشید دورتر شود ، از عناصر سنگین تهی می‌شود و بعد از مدار مریخ دیگر نمی‌تواند سیاره‌ای از نوع سیارات خاکی ایجاد کند . بنابراین در آنجا جز اجسامی با ابعاد کم که همان سیاره‌سان‌ها هستند وجود ندارد (این سیاره‌سانها بعدا" متلاشی شده و به اجزاء کوچکتر تبدیل شده‌اند) .

در مرحله بعدی ، برای اینکه موادی نظیر آمونیاک بتوانند جامد شوند ، کار به اندازه کافی از خورشید دور شده است و بی‌شک چهار سیاره بزرگ در ابتدا قطعات بزرگی از یخ بوده‌اند (یخ به معنی اعم نه یخ ناشی از انجماد آب) که میدان جاذبه نقلی آنها برای کشیدن مقادیر زیادی از گاز کافی بوده است . در اینجا بایستی به تفاوت موجود بین دو دسته سیارات مشتری ـ زحل و همچنین اورانوس ـ نپتون اشاره شود . هنگامی که هسته دو سیاره اولی تشکیل می‌شده ، در اطراف آن به اندازه کافی هیدروژن و هلیوم وجود داشته است که این دو سیاره عظیم‌الجثه را از این عناصر انباشته کند ولی در موقعیت اورانوس و نپتون ، جاذبه خورشید به‌قدری ضعیف بوده که حتی سبک‌ترین گازها نظیر هیدروژن نیز به‌طور کامل و قبل از اینکه فرصت تراکم پیدا کند ، از منظومه شمسی فرار کرده است و دیگر جز گازهای سنگین‌تر نظیر متان و هلیوم (دو گازی‌که منحصرا" در تشکیل دو سیاره اورانوس و نپتون دخالت داشته‌اند) باقی نمانده است . این نظریه چنانکه دیدیم تا حدود زیادی مسائل موجود را توضیح می‌دهد .

۳ـ۳ـ۱۰ـ نظریه اشمیت[۱۹] ـ نظریات اشمیت اولین‌بار در ۱۹۴۳ انتشار یافت و پس‌ازمرگ وی (۱۹۵۶) نظریاتش باجزئی‌تغییرات ، توسط همکارانش‌کورلوسکایا . حلمی .لوی ولیدبسکی مجددا" عرضه شد .

بنابه نظریه اشمیت ، سطحی که امروزه مدار اغلب سیارات در آن واقع است ، استوای خورشید اولیه بوده و ماده تشکیل دهنده سیارات ، که پیش از تشکیل آنها به صورت ماده ابری شکلی در این سطح پخش بوده ، به دور خورشید حرکت می‌کرده است .

اشمیت تشکیل سیارات را به دو مرحله تقسیم می‌کند . مرحله اول تشکیل‌اجرام‌متوسط به ابعاد درحدود سیاره‌سان‌ها (که در این نظریه از این پس به‌نام اجرام سیاره‌سان خوانده می‌شوند) از ماده ابری شکل اولیه و مرحله دوم تشکیل سیارات از یکی شدن این اجرام است .

اگر فرض کنیم که توده‌های مخلوط از ذرات جامد و گاز به صورت ابر و به شکل قرص

در استوای خورشید اولیه وجود داشته است، این ذرات دو نوع حرکت داشته‌اند. یکی حرکت دورانی به دور خورشید و دیگری حرکت بدون نظم و ترتیب که در جهات مختلف بوده است و ما آنرا حرکت نامنظم ذرات می‌خوانیم، از آنجا که جرم ذرات جامد بیشتراز جرم ذرات گازی شکل است، بنابراین سرعت ذرات جامد در حرکت‌نامنظم کمتر از سرعت ذرات گاز است. بدین ترتیب، پس از مدتی، در اثر برخورد ذرات به یکدیگر، ذرات گاز در دو سطح انتهائی و ذرات جامد در سطح وسط جای گرفته‌اند (ش ۳–۵).

در اثر انباشته شدن ذرات جامد در وسط قرص، فاصله آنها کم و درنتیجه نیروی جاذبه بین آنها زیاد شده و این خود تراکم بیشتر ماده را سبب شده است. پس از مدتی،

ش ۳–۵ – مرحله اول تکامل: اجزای غبار مانند ابری شکل اولیه به تدریج صاف و مسطح شده و تعداد زیادی اجرام سیاره‌سان به وجود آمده‌اند (۵)

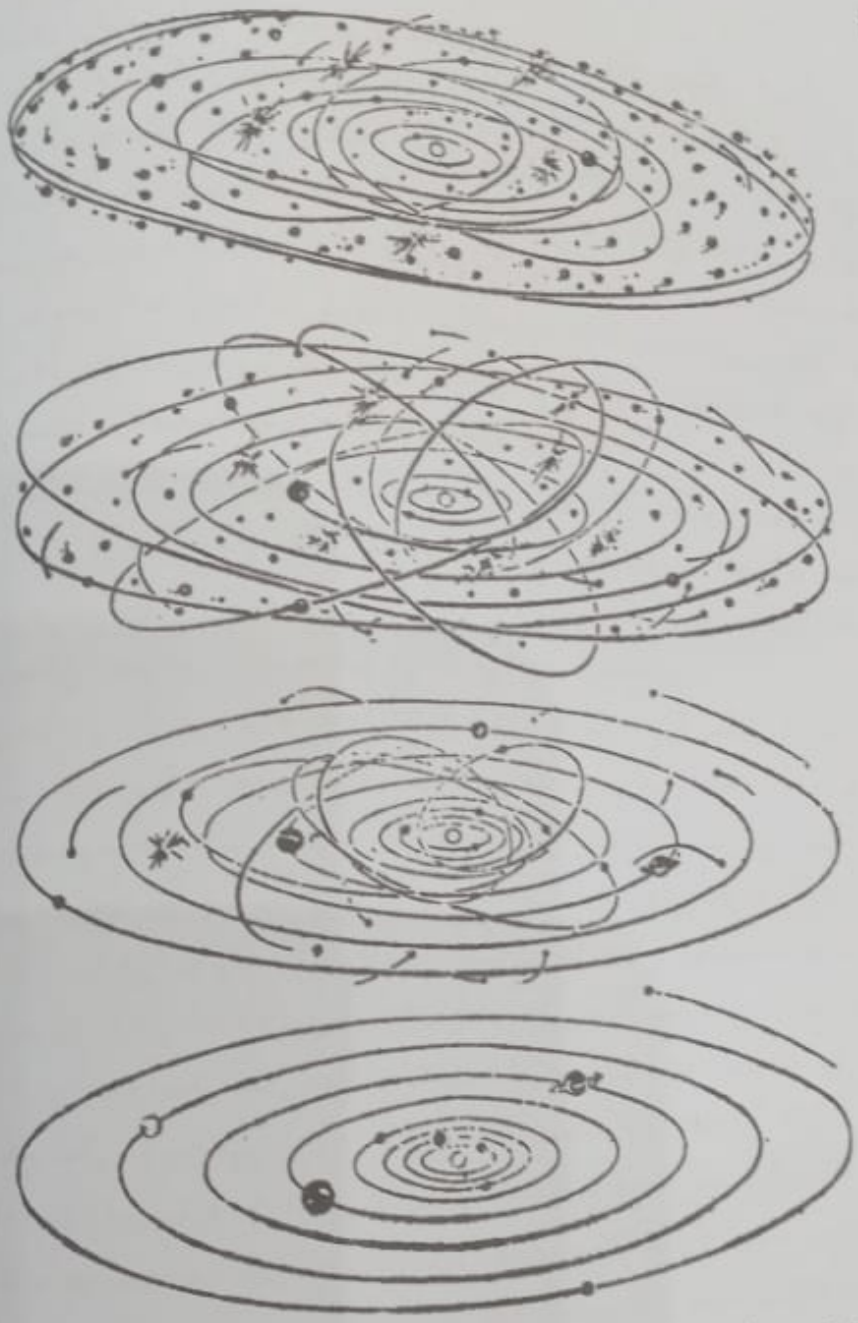
در نقاط متعددی از قرص، اجرام جامدی از انباشتگی ذرات جامد به وجود آمده‌اند. در اثر برخورد اجرام به یکدیگر، دو حالت اتفاق می‌افتاده است. یا قسمت کوچکی از جسم جدا می‌شده و یا جرم سالم باقی می‌مانده است. در صورت خردشدن، باز هم قطعات حاصله می‌توانسته‌اند با جذب ذرات و اجرام دیگر، رشد کنند و واضح است که رشد اجرامی که از خردشدن مصون می‌مانده‌اند بیش از قطعات حاصل از خرد شدن بوده است. به هر حال، پس از به وجود آمدن تعداد زیادی از این اجرام، مرحله دوم یعنی مرحلهٔ تشکیل سیارات از اجرام سیاره‌سان شروع شده است. بعضی از اجرام سیاره‌سان با جرم بیشتر و خردشدگی کمتر، درحقیقت جنین سیاره‌های امروز بوده‌اند.

اجرام سیاره‌سان در همه قسمت‌های قرص چه در درون (نزدیکتر به خورشید) و چه در بیرون (دورتر از خورشید) تشکیل شدند و در اثر به هم پیوستن چندتای آنها و نیز در اثر جذب ذرات کوچک، به تدریج رشد کردند و در اثر رشد، نیروی جاذبه‌آنهاافزایش یافت و توده‌هائی از ذرات کوچک به دور هر یک از آنها جمع شد.

وقتی تعداد زیادی از اجرام به هم ملحق شدند و سیاره‌ای را تشکیل دادند، حرکت سیاره، برآیند تمام حرکات اجزای تشکیل‌دهنده خواهد بود و چون همه اجزاء دریک‌جهت به دور خورشید می‌چرخیده‌اند بنابراین سیاره حاصل‌از اجتماع‌آنها نیز می‌بایست درهمان جهت به دور خورشید بچرخد. از آنجا که امتداد قطر بزرگ بیضی‌های مدار چند جرم، که به هم پیوسته و سیاره را به وجود آورده‌اند، احتمالاً در جهات مختلف ادامه داشته لذا مدار سیاره تقریباً دایره شده و نیز چون انحراف مدار اجرام سیاره‌سان نسبت به سطح اصلی ماده ابری اولیه اندازه‌های مختلف داشته، ترکیب آنها باعث شده که مدار سیاره در همان سطح اصلی یا سطحی تقریباً نزدیک به آن بماند (ش ۳–۶).

هرگاه جنین دو سیاره را که در دو مدار نزدیک به هم حرکت می‌کرده‌اند در نظر گیریم، آنکه به خورشید نزدیکتر بوده اجرام با مقدار حرکت کمتر را جذب کرده وبنابراین شعاع آن کم می‌شده است و جنین دیگر، که در فاصله دورتری از خورشید واقع بوده است، چون ذرات مادی را از خارج مدار خود جذب می‌کرده لذا اجرامی را به خود می‌گرفته که مقدار حرکت بیشتری داشته‌اند و درنتیجه، شعاع مدار سیاره زیادتر می‌شده است. بدین ترتیب از دو جنین مجاور، آنکه از خورشید دورتر بوده بازهم دورتر و آنکه نزدیکتر بوده بازهم به آن نزدیکتر می‌شده است.

شاید مسئله چگونگی پیدایش ماده ابری شکل اولیه، به مراتب دشوارتر از کشف چگونگی تشکیل سیارات باشد. همانطوریکه می‌دانیم، در کهکشان راه شیری که خورشید ما یکی از ستارگان آنست، فضای بین ستاره‌ها را ماده بسیار رقیقی مرکب از گاز و ذرات



ش ۳-۶- مرحلهٔ دوم تکامل: از به هم پیوستن متوالی اجرام سیاره‌سان تدریجاً به وجود آمده‌اند (۵)

غباری شکل، پر کرده است. انتهای گاز از سطح ستاره‌ها خارج شده و پس از رسیدن به منطقه بسیار سرد بین ستاره‌ها به ذرات سنگین‌تر تبدیل و حتی بعضی از آنها متراکم شده و ذرات حامد را تشکیل داده‌اند. بدین ترتیب می‌توان تا حدودی منشاء ماده ابری اولیه را توجیه کرد.

برای تشکیل ماده ابری اولیه دو نظریه کلی وجود دارد که مطابق یکی از آنها خورشید

ذرات مادی را از محیط کهکشان جذب کرده است و براساس نظریه دیگر، خورشید و ماده ابری اولیه باهم به‌وجود آمده‌اند. اشمیت در اوائل کار خود جذب اجرام به‌وسیله خورشید را، که از جاذبه نیوتونی ناشی می‌شد، موردنظر قرار داد و با این فرض مسئله توزیع مقدار حرکت زاویه‌ای حل شد زیرا به فرض جذب ماده از محیط، بین اندازه حرکت زاویه‌ای ماده تشکیل‌دهنده سیارات و مقدار حرکت خورشید رابطه‌ای وجود ندارد و سرچشمه مقدارحرکت آن، حرکت به دور هسته کهکشان یعنی منبع همه مقدار حرکت‌ها بوده است.

اشمیت در ۱۹۵۳ معتقد شد که جذب ماده در اثر برخوردهای غیرالاستیک مهمترین نقش را در جذب ماده ابری به خورشید بازی می‌کرده است.

نظریه اشمیت را که براساس آن سیارات از ماده سرد اولیه تشکیل شده‌اند نظریه شهابی نیز می‌نامند.

در اینجا بایستی یادآوری کرد که متأسفانه تا به حال هیچیک از نظریه‌ها نتوانسته است به‌طورکامل جوابگوی مسائل موجود در منظومه شمسی باشد و هنوز مسائل متعددی در این زمینه وجود دارد که لاینحل مانده است.