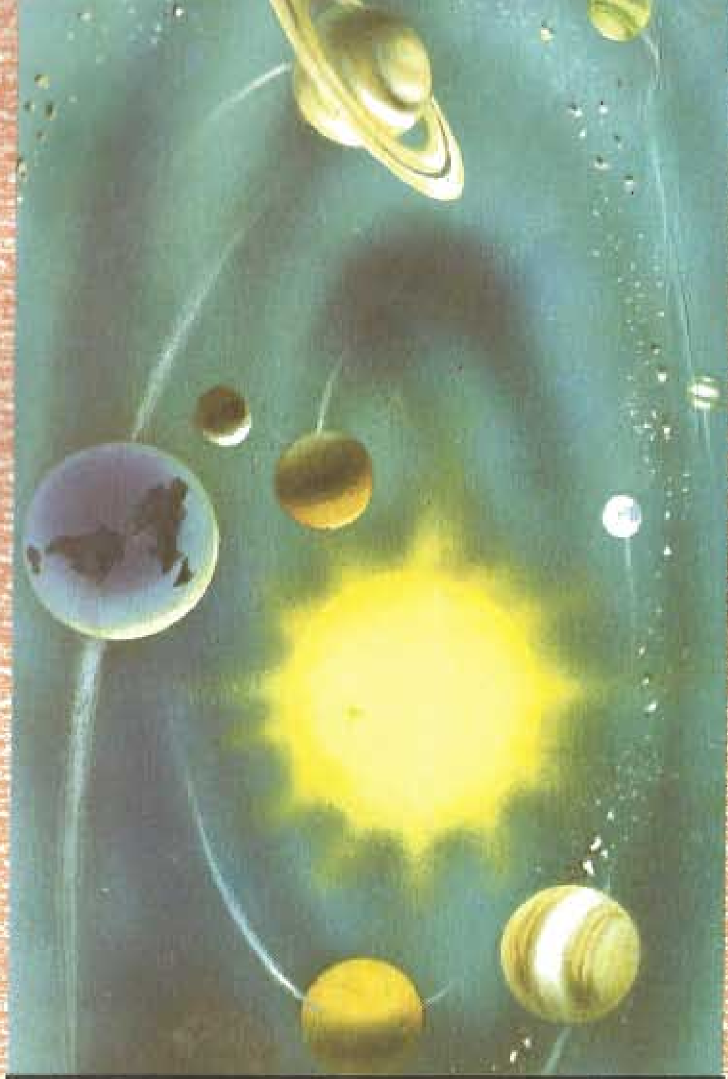


هیئت

برای سال پنجم ریاضی

توانا بود هر که دانا بود
وزارت آموزش و پرورش

شرکت سهامی خاص طبع و نشر کتابهای درسی ایران

بها در تمام کشور ۱۸ ریال

توانا بود هرکه دانا بود

وزارت آموزش و پرورش

هیئت

برای سال پنجم ریاضی

چاپ و توزیع از :

شرکت سهامی خاص طبع و نشر کتابهای درسی ایران

۱۳۵۳

این کتاب که به وسیلهٔ آقای سید باقر هیوی نگارش یافته ، برطبق مادهٔ ۳ قانون کتابهای درسی و اساسنامهٔ سازمان کتابهای درسی ایران برای تدریس در دبیرستانها برگزیده شده است .

چاپ از : پیروز

فهرست مندرجات

عنوان — صفحه

به‌نام خدا

فصل اول

آسمان

۱ـ حرکت شبانه‌روزی ـ چون درهنگام عصر ازمکان بلندی که مانع اطرافش کمترباشد به‌آسمان نگاه‌کنیم ، مشاهده خواهیم‌کرد که‌قرص‌خورشید متدرجاً پایین‌می‌رود تا سرانجام غروب می‌کند.سپس رفته رفته هوا تاریك وگنبد نیلگون آسمان با نقاط درخشندهٔ زیادی جلوه‌گر می‌شود . این نقاط درخشنده ستارگانی هستندکه برتمام سطح آسمان بدون هیچ نظم وترتیبی پراکنده‌اند .

هرگاه مدتی‌به‌آسمان نگاه‌کنیم،معلوم خواهدشدکه‌این‌ستارگان مانند خورشید ازطرفی‌طلوع می‌کنند وپس‌ازآنکه به‌منتهای‌اوج‌خود رسیدند میل‌به‌افول‌کرده وسرانجام‌درطرف‌مقابل‌غروب می‌کنند.بعضی ازاین ستارگان درمدت‌کوتاهی مرئی می‌شوند و مجدداً افول می‌کنند ولی‌وقتی چنین‌مشاهده می‌شودکه طوری‌قرارگرفته باشیم‌که‌خورشیددر سمت راست ما غروب‌کرده باشد. حال اگرطوری بایستیم‌که‌خورشیددر طرف چپ ما غروب کند ، ستارگانی را مشاهده خواهیم‌کردکه در تمام مدت شب مرئی هستند وبه‌عبارت دیگرهرگز غروب نمی‌کنند . مابین

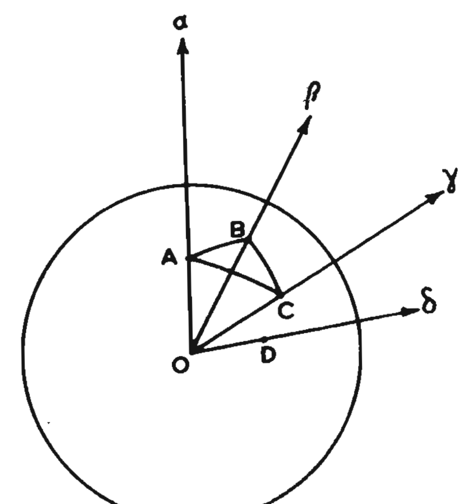
این‌دسته از ستارگان‌ستاره‌ای‌مشاهده می‌شودکه‌کاملاساکن‌می‌نمایدومثل این‌است‌که سایرستارگان این‌قسمت به‌دوراین ستاره دوران می‌کنند .

ستارگان دیگری نیز هستندکه هرگز درافق ما دیده نمی‌شوند واگربخواهیم‌آنها را مشاهده‌کنیم باید جای خودرا تغییردهیم و بقدر کافی به‌سمت جنوب پیش برویم .

خلاصه،چون مدتی‌تماشای‌آسمان‌را ادامه‌دهیم، مشاهده‌خواهیم کردکه مجدداً هوا روشن می‌شود ونورآفتاب روشنی ستارگان را محو می‌کند تا سرانجام خورشید طلوع می‌کند و خطی منحنی مانند مسیر همان ستارگان می‌پیماید واوضاع مذکورتکرارمی‌شود.

به‌کمك دوربینهای قوی ، با بودن‌آفتاب ، می‌توان مشاهده‌کرد که ستارگان درهنگام روزهم درست مانند شب‌هنگام، همان حرکات‌را ادامه می‌دهند.**این‌حرکت عمومی ستارگان را حرکت شبانه‌روزی ، وشخصی را که حرکات ستارگان را درنظر می‌گیرد ، راصد نامند.**

۲ــ کرهٔ‌آسمان ــ چنانکه بعداًخواهیم دید، ستارگان مختلف از ما به‌یك فاصله نیستند. حال فرض‌می‌کنیم راصدی از نقطهٔ **o** ستارگان α وβ وγ و... (شکل ۱) را که به فواصل مختلف از **o** قراردارند ، در امتدادهای $o\alpha$ و$o\beta$ و $o\gamma$ و...مشاهده کند؛ ونیزفرض می‌کنیم‌که



شکل ۱

از مرکز o ، به شعاع اختیاری ، کرهٔ شفافی رسم کرده باشیم و تمام ستارگان α و β و γ و ... در نقاط A و B و C و . . . برسطح این‌کره تصویرشده‌باشند.چنین‌کره‌ای‌را **کرهٔ سماوی** یا **کرهٔ‌آسمانی** می‌گوییم.
بنابراین،کرهٔ سماوی‌کره‌ای‌است‌موهوم‌که‌مرکزش‌چشم‌راصد وشعاعش حدشعاع بصراوباشد.گرچه شعاع این‌کره اختیاری است، ولی ازشعاع کرهٔ زمین بسیاربسیار بزرگتراست.

۳ــ فاصلهٔ زاویه‌ایــ فاصلهٔ زاویه‌ای دو ستاره عبارت است از زاویه‌ای‌که مابین دوشعاع بصر ماکه برآنها بگذرند احداث‌شود؛ مثلا فاصلهٔ‌زاویه‌ای‌دوستارهٔ A وB (شکل۱)زاویهٔ AoB است،وبنابرآنچه درهندسه ذکرشده است،اندازهٔ این‌زاویه قوس مقابل‌آن AB می‌باشد که قوسی است از دایرهٔ عظیمه .

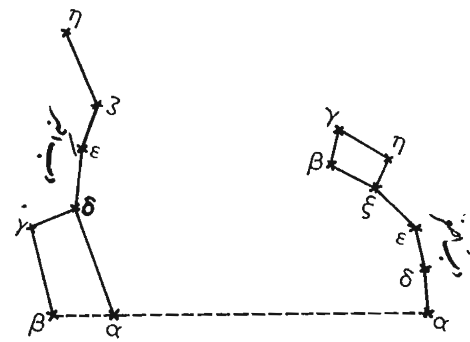
۴ــ تقسیم‌ستارگان ــ چون مدت یك‌شب به‌آسمان نگاه‌کنیم، تغییرات محسوسی دراوضاع ستارگان مشاهده نخواهد شد، ولی‌هرگاه رصدرا شبهای متوالی‌ادامه دهیم،خواهیم دیدکه‌فاصلهٔ زاویه‌ای بیشتر ستارگان همواره ثابت وتغییرناپذیراست، وبعکس عدهٔ‌کمی‌ازستارگان هستندکه فاصلهٔ زاویه‌ای‌آنها دائماً درتغییر است . ستارگان نوع اول را **ثوابت** ونوع دوم را **سیارات** می‌گویند .

ثوابت را به دسته‌هایی تقسیم‌کرده وهردسته را **صورت فلکی** نامیده‌اند .

هریك‌ازصورفلکی‌را به‌چیزی‌تشبیه‌کرده‌وبه‌نام‌آن‌چیزمی‌نامند تا در هر موقع بتوان آنها را معرفی کرد ؛ و نیز هریك از ستارگان صور فلکی را به حرفی از حروف یونانی یا به‌عددی از اعداد معرفی

کرده‌اند، مثلا گویند ستارهٔ α ازصورت **دب‌اکبر** یا ستارهٔ β ازصورت **دب اصغر** (شکل ۲).

سیارات عمده (جززمین)پنج عددندکه با چشم دیده می‌شوند و عبارتند از **عُطارِد** (تیر) ، **زُهره** (ناهید) ، **مریخ** (بهرام)، **مشتری** (برجیس) ، **زُحَل** (کیوان). پس‌ازاختراع دوربین بتدریج سه سیارهٔ دیگر **اورانوس** و **نپتون** و **پلوتون** و بیش از ۱۰۰۰ سیارهٔ خرد یا**سیارك**نیزکشف شده است .



شکل ۲

هـقطرظاهری‌ـ همهٔ مردم خورشیدوماه‌را مانند قرص‌مدوری می‌بینند.همچنین‌هرگاه سیارات‌را با دوربین قوی مشاهده‌کنیم‌می‌بینیم که مانند خورشیدوماه دارای قرص محسوسی هستند . بنا بر تعریف: **قطرظاهری هرستاره عبارت از زاویه‌ای است‌که ازکرهٔ زمین قطرآن‌ستاره‌با آن زاویه دیده می‌شود.** قطرظاهری‌خورشیدوماه تقریباً نیم‌درجه وقطر ظاهری سیارات ازاین مقدارهم بسیارکوچکتراست .

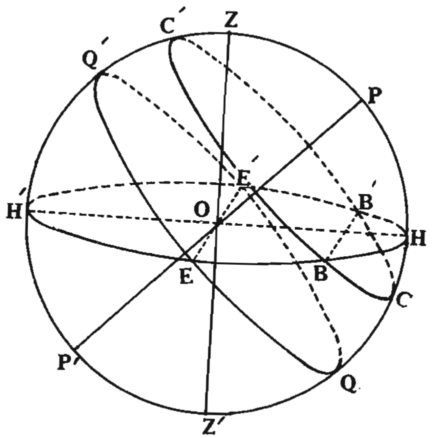
یك‌تفاوت‌دیگرسیارات با ثوابت این‌است‌که درمشاهدهٔ‌سیارات، هرچه دوربین‌قویتر باشد،قطرظاهری‌آنها بزرگترمی‌نماید وحال‌آنکه ثوابت ، پیوسته مانند نقطه‌ای نورانی مشاهده می‌شوند .

۶ـچهارجهت‌اصلی‌ـ اغلب ماصورت **دب اکبر** (هفت‌برادران)

راکه‌بنات‌النعش‌کبری‌نیزمی‌نامندمی‌شناسیم(شکل۲).حال‌اگردوکوکب β وα ازاین صورت را با خط موهومی به‌هم وصل‌کنیم واین‌خط را در جهت $\beta\alpha$ تقریباً به‌اندازهٔ پنج برابرخودش امتداد دهیم ، به‌ستاره‌ای خواهیم رسیدکه‌آن‌را جُدَی یا ستارهٔ قطبی‌نامند. این همان‌ستاره‌ای است‌که ساکن‌بنظرمی‌آید، وچون طوری بایستیم‌که این‌ستاره روبروی ما واقع شود ، روبروشمال،پشت‌سرجنوب ، سمت راست مشرق وسمت چپ مغرب خواهد بود .

۷ـ محور ـ محور عالم عبارت ازخط موهومی است مانند $P'P$ که‌کرهٔ آسمان ظاهراً به‌دورآن‌گردش می‌کند (شکل۳). طرفین محور را قطبین‌گوییم ،آن‌که در طرف شمال است ، یعنی P ، **قطب شمال** و آن‌که درسمت جنوب است ، یعنی P' ، **قطب جنوب** است .

۸ـ معدل النهار یا استوای‌سماوی‌دایرهٔ‌عظیمه‌ای است‌ازکرهٔ‌سماوی‌که‌صفحه‌اش برمحورعالم عمود است(شکل ۳ـ دایرهٔ‌عظیمهٔ $Q'Q$). سطح این دایره‌کرهٔ‌آسمان را به‌دو جزءِ متساوی قسمت می‌کند . یکی از این دو جزءکه شامل قطب شمال است ، نیمکرهٔ شمالی و دیگری که شامل قطب جنوب است نیمکرهٔ جنوبی نامیده می‌شود (شکل ۳)



شکل ۳

مختصات افقی

۹ـ **سمت‌الرأس** راصد نقطه‌ای است از آسمان که در امتداد قامت شخص راصد و به‌طرف سر او باشد (نقطهٔ Z شکل۳). نقطهٔ 'Z ، متقاطر سمت‌الرأس را **سمت‌القدم** گویند (شکل۳) .

۱۰ـ **نصف‌النهار مکان**ـ دایرهٔ عظیمه‌ای است که از قطبین آسمان و سمت‌الرأس راصد بگذرد ، مثل دایرهٔ PQP'Q' . هر ستاره‌ای در منتهای صعودش از نصف‌النهار مکان می‌گذرد .

۱۱ـ **افق**ـ افق دایرهٔ عظیمه‌ای است مانند H'H که صفحهٔ آن بر امتداد قامت راصد عمود باشد . این صفحه با سطح آبهای ساکن کم‌وسعت مجاور راصد موازی است (شکل ۳) .

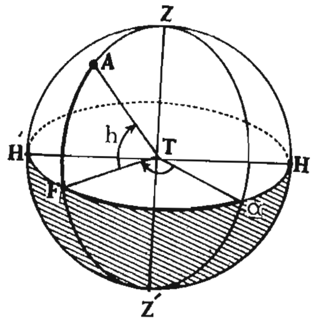
عموماً افق به‌دایره‌ای گفته می‌شود که در زمینهای هموار در اطراف خود مشاهده می‌کنیم. بنظر می‌رسد که مرکز این دایره، محل توقف ما و محیطش فصل مشترك آسمان و زمین باشد . این افق را **افق حسی** و افقی را که قبلا تعریف شد **افق حقیقی** می‌نامند .

۱۲ـ **مدارات یومی** دوایر صغاری هستند به‌موازات معدل‌النهار یا استوا ، و اینها همان دوایری هستند که خورشید و سایر ستارگان ، شبانه‌روزی یك‌بار یکی از آنها را می‌پیمایند، مثل دایرهٔ C'C (شکل۳).

۱۳ـ **قوس‌النهار و قوس‌اللیل**ـ قوس‌النهار قسمتی است از مدار ستاره که بالای افق واقع شود ، مثل BC'B' ؛ **قوس‌اللیل** قسمتی از همان مدار است که در زیر افق واقع گردد ، مثل B'CB (شکل ۳) .

۱۴ـ **سمت و ارتفاع**ـ فرض کنیم که نقطهٔ T موقع راصد بر سطح

کرهٔ زمین و Z سمت‌الرأس و دایرهٔ عظیمهٔ HFH'H (شکل۴) افق حقیقی باشد. اگر نقطهٔ A موقع ستاره‌ای بر کرهٔ آسمان در موقع معینی فرض شود ، هرگاه بر خط قائم TZ و نقطهٔ A صفحه‌ای مرور دهیم ، این صفحه کرهٔ آسمان را به‌دایرهٔ عظیمهٔ ZAZ' قطع خواهد کرد که آن را **دایرهٔ قائم آن کوکب** گویند .



شکل ۴

سمت یك ستاره اندازهٔ کمانی است از افق که بین دایرهٔ قائم آن ستاره و یك دایرهٔ قائم ثابت که به‌عنوان مبدأ اختیار می‌شود واقع گردد. سمت یك‌ستاره از صفر تا °۳۶۰ در جهت شمال به‌مشرق (جهت‌معکوس) اندازه‌گرفته می‌شود، مانند $\widehat{\alpha F}$ از شکل۴ .

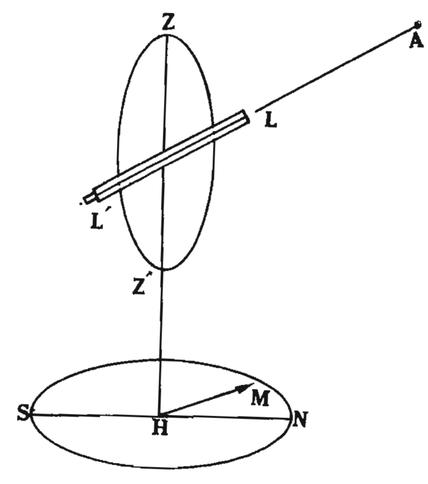
ارتفاع یك ستاره اندازهٔ کمانی است از دایرهٔ قائم ستاره که بین صفحهٔ افق و آن ستاره واقع باشد . این کمان از صفر تا °۹۰ به طرف سمت‌الرأس اندازه‌گرفته می‌شود، مانند کمان FA. زاویهٔ ZTA حادث مابین شعاع بصر TA و خط قائم TZ فاصلة‌الرأس کوکب A نامیده می‌شود.

سمت و ارتفاع هر نقطه را مختصات افقی آن نقطه گویند .

۱۵ـ **طول یاب (تئودولیت)**ـ سمت و ارتفاع هر ستاره را به‌کمك اسبابی تعیین می‌کنند که آن را **تئودولیت** یا **طول‌یاب** نامند. مسلم است که چون ارتفاع ستاره مشخص شد فاصلة‌الرأسش نیز که متمم زاویهٔ ارتفاع است ، مشخص می‌شود .

تئودولیت (شکل ۵) از سه جزء اصلی مرکب است: اولا دایرهٔ افقی SN؛ ثانیاً دایرهٔ قائم 'ZZ که در حول محور HZ ممکن است دوران

کند ؛ ثالثاً دوربین LL' که برسطح دایرهٔ قائم وحول محوری افقی‌که ازمرکز آن می‌گذرد دوران می‌کند . بدیهی است‌که هرستاره‌که بالای افق باشد با دوربین LL' قابل‌مشاهده‌است، زیراکه‌می‌توان‌اولادایرهٔ‌قائم را به‌سمت ستاره دوران داد،ثانیاً دوربین‌رابقدرکفایت‌درحول‌محور افقی‌گردانید تاشعاع‌ستاره‌کاملادر امتداد محورآن قرارگیرد.هردو دایره‌مدرجند،ودایرهٔ‌افقی‌دارای عقربه‌ای‌است‌که به متابعت‌محور قائم‌حرکت افقی‌می‌کندبطوری‌که زاویهٔ سمت را روی این دایره می‌خوانیم‌وارتفاع‌یا فاصلة‌الرأس را روی دایرهٔ ZZ'.

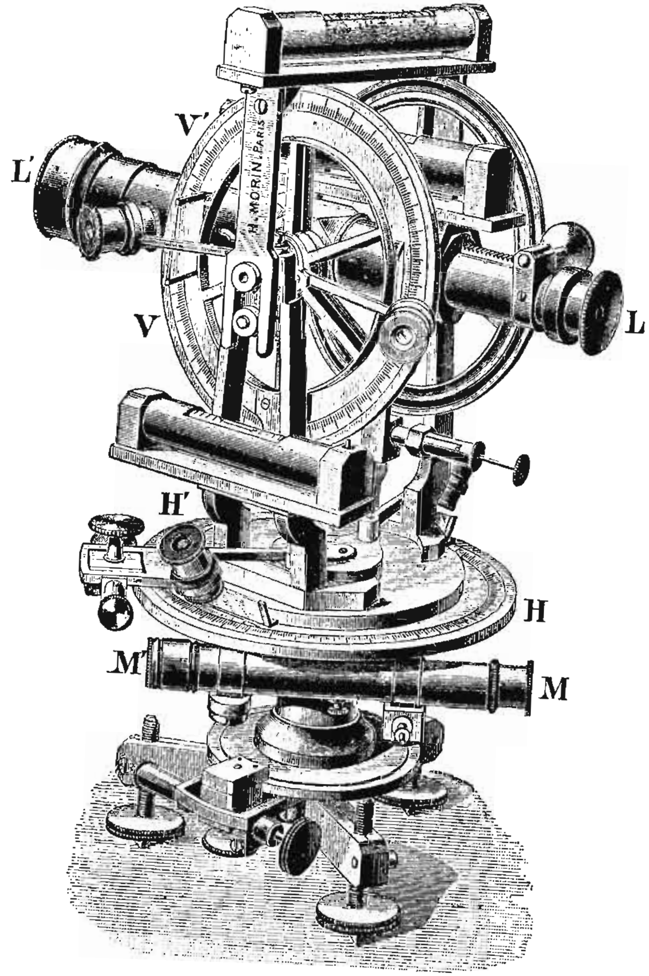


شکل ۵

بدیهی‌است‌که هرنقطه مانند A فقط دارای‌یك‌سمت ویك‌ارتفاع است .

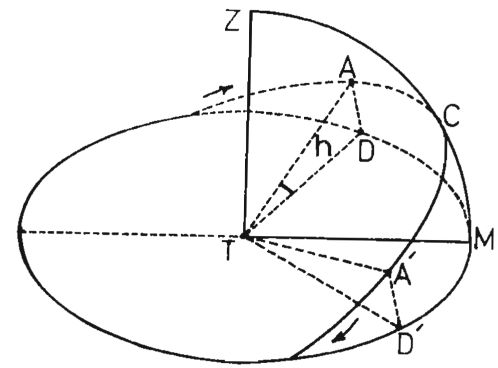
تبصره ـ درتعیین‌سمت‌وارتفاع‌ستاره‌ای‌که دارای‌قرص‌معتنابهی باشد، بایدسمت وارتفاع مرکزآن راتعیین‌کرد وچنانکه می‌دانیم،این مرکز واقع است بر منصف‌الزاویهٔ قطرظاهری‌آن (شمارهٔ ۵)

۱۶ـ تعیین‌نصف‌النهار به‌کمك‌تئودولیتـ فرض می‌کنیم که روی ما به‌سمت‌جنوب وستاره‌ای‌در نقطهٔ A ، درطرف چپ‌ما، واقع‌باشد (شکل۶) وتئودولیت‌رادرحالی‌که‌درست‌ترازشده‌باشددرنقطهٔ T قرارداده باشیم. پس‌دوربین‌را چنان متوجه ستارهٔ A می‌کنیم‌که ستاره درامتداد



شکل یك تئودولیت کامل

محور رؤیت آن واقع شود. دراین‌موقع دایرهٔ قائم تئودولیت درصفحهٔ قائم ZTD واقع می‌شود. بنابراین زاویهٔ ATD که امتداد محور دوربین باافق می‌سازدارتفاع (h) ستاره را تعیین می‌کند.

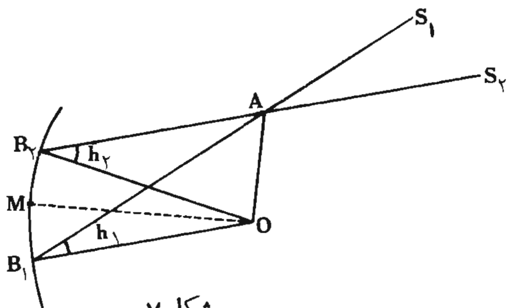


شکل ۶

پس‌از آن مشاهده می‌کنیم‌که ستاره روبه‌صعود می‌گذارد وبعد ازاینکه روبروی‌ما رسید متدرجاً شروع‌به‌نزول می‌کند؛ بنابراین‌درطرف‌راست ما نیز دروضعی مانند 'A ،آن ستاره مجدداً دارای ارتفاع h می‌شود . پس‌دوربین‌را بدون‌آنکه میلش‌نسبت‌به‌صفحهٔ افق‌تغییر کند،حول‌محور قائمش می‌چرخانیم تا ستاره را به‌همان ارتفاع h دردوربین‌رؤیت‌کنیم. دراین موقع دایرهٔ قائم تئودولیت درصفحهٔ قائم 'ZTD واقع می‌شود وچون زاویهٔ 'DTD را با خط TM نصف‌کنیم ، صفحهٔ قائم ZTM نمایش صفحهٔ نصف‌النهار نقطهٔ T است. TM راکه درست‌درجهت‌شمال وجنوب است ، خط نصف‌النهاری این نقطه‌گویند .

۱۷ـ تعیین نصف‌النهار به‌وسیلهٔ سایه ـ چنانکه دیدیم ، اگر A و'A دوموضع‌یك ستاره باشند هنگامی‌که ستاره به‌ارتفاع h می‌رسد، نیمسازفرجهٔ دوصفحهٔ قائم A و'A صفحهٔ نصف‌النهارمکان است . حال اگر S_1 و S_2 (شکل۷) دوموضع خورشید و h_1 و h_2 ارتفاع خورشید در این دو موضع باشد ، هنگامی‌که h_1 و h_2 برابر شوند ، نیمساز فرجهٔ صفحهٔ قائم S_1 وصفحهٔ‌قائم S_2 نصف‌النهارمکان می‌شود واین‌صفحه منصف

فرجهٔ B_2OAB_1 نیزمی‌باشد. اما دومثلث قائم‌الزاویهٔ OAB_1 و OAB_2 در این حال متساویند پس $OB_2 = OB_1$. از اینجا قاعدهٔ پیداکردن

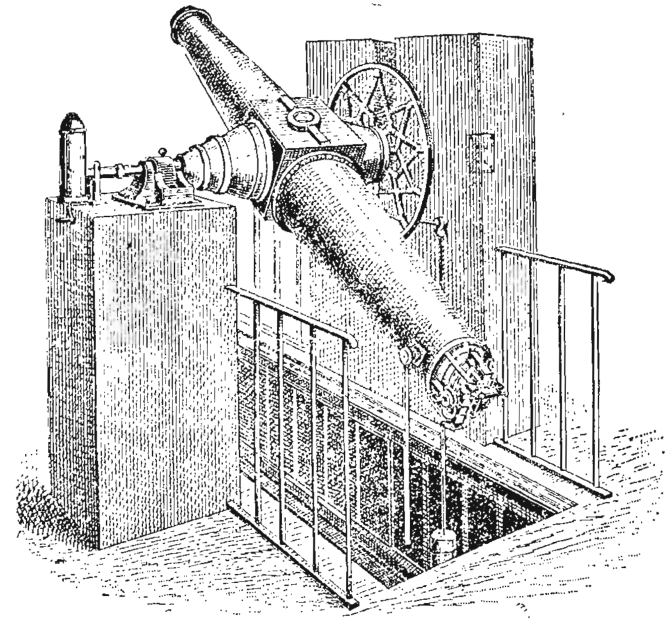


شکل ۷

نصف‌النهارمکان به‌وسیلهٔ سایهٔ اشیا (شاخص) نتیجه می‌شود :

میلهٔ OA را بطورقائم روی زمین نصب‌می‌کنیم؛ قبل‌ازظهر،OA سایه‌ای مانند OB_1 خواهد داشت؛ به‌مرکزO وبه‌شعاع OB_1 دایره‌ای می‌کشیم وصبرمی‌کنیم تا بعد ازظهرسایهٔ نقطهٔ A برنقطهٔ B_2 ازدایره منطبق شود ؛ کمان B_1B_2 را نصف می‌کنیم ؛ اگر M وسط این کمان باشد،صفحهٔ MOA صفحهٔ نصف‌النهارمکان‌است‌وموقعی‌که مرکزخورشید به‌این صفحه می‌رسد ، ظهرحقیقی است .

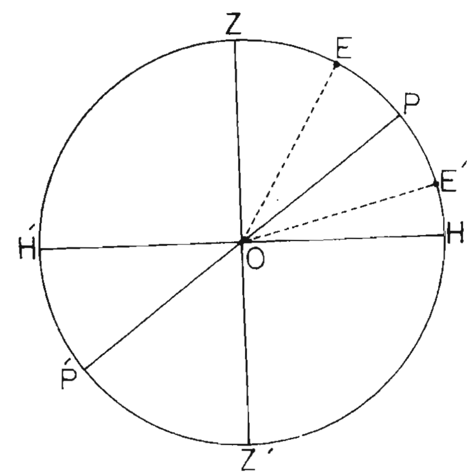
۱۸ـ دوربین نصف‌النهاری ـ اگردایرهٔ قائم‌تئودولیت‌را برصفحهٔ نصف‌النهارقراردهیم وپیچ محورقائم‌آن‌را محکم‌کنیم تا دیگربه‌سمت راست‌وچپ حرکت نکند،چنین دوربینی‌را دوربین‌نصف‌النهاری‌گویند. به‌عبارت دیگر می‌گویند دوربین‌را نصف‌النهاری‌کوك‌کرده‌ایم . منتهی دوربین نصف‌النهاری‌که در رصدخانه‌ها بکار می‌برند،خیلی بزرگتر از تئودولیت‌وحول‌محوری متحرك‌است‌که طرفین‌آن روی دوستونی‌که‌از مصالح بنّایی ساخته شده است قراردارد ، لذا دوربین را فقط درصفحهٔ نصف‌النهارآنجا می‌توان حرکت داد (شکل۸).



شکل ۸ ــ دوربین نصف‌النهاری

۱۹ــ تعیین ارتفاع قطبــ ارتفاعی را که قطب عالم در فوق افق هرمکان دارد می‌توان به‌طریق زیر بدست آورد :

ارتفاع ستاره‌ای را که مدارش بالای افق واقع‌شده است در دو موقعی که از نصف‌النهار آن مکان یعنی از نقطه‌های E و E' می‌گذرد ، به‌وسیلهٔ دایرهٔ قائم تئودولیت پیدا می‌کنیم، وچون می‌دانیم که‌محور P'P منصف زاویهٔ



شکل ۹

EOE' می‌باشد (شکل۹) ، چنین خواهیم داشت :

$$\widehat{ZP}=\widehat{ZE}+\widehat{EP}$$

و نیز

$$\widehat{ZP}=\widehat{ZE'}-\widehat{PE'}$$

و چون دو تساوی فوق را با هم جمع کنیم ، با در نظرگرفتن تساوی $\widehat{EP}=\widehat{PE'}$ ، چنین نتیجه می‌شود :

$$2\widehat{ZP}=\widehat{ZE}+\widehat{ZE'}$$

و ازآنجا :

$$\boxed{\widehat{ZP}=\frac{\widehat{ZE}+\widehat{ZE'}}{2}}$$

از تساوی اخیر قضیهٔ زیر استنباط می‌شود .

قضیه ــ فاصلةالرأس قطب در هر مکان مساوی است با نصف مجموع فاصلةالرأسهای یك ستارهٔ ابدی الظهور در دو موقع عبورش بر نصف‌النهار آن مکان .

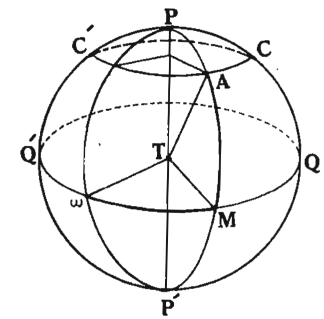
چون این‌زاویه‌را از ۹۰درجه‌کم‌کنیم،ارتفاع‌قطب‌بدست‌می‌آید.

تبصره ــ می‌توان مانندآنچه‌دربالاذکرشد،مستقیماًارتفاع‌قطب یعنی زاویهٔ HOP را بدست آورد ؛ برای این منظور به جای ZE و ZE' مقدار HE و HE' را برروی دایرهٔ قائم تئودولیت می‌خوانیم و به‌جای ZP مقدارHP را حساب می‌کنیم .

مختصات جغرافیایی

۲۰ــ طول وعرضــ طول جغرافیایی هر مکان عبارت است از اندازهٔ‌کمانی از استوا که بین صفحهٔ نصف‌النهارمکان مفروض و صفحهٔ نصف‌النهاری باشدکه مبدأ طول قرارمی‌دهند (معمولا مبدأ طولها را نصف‌النهارگرینویچ می‌گیرند) .

عرض جغرافیایی هرمکان اندازهٔ کمانی است از نصف‌النهار مکان که بین آن نقطه ودایرهٔ استوا واقع باشد. مثلا طول نقطهٔ A(شکل ۱۰)، زاویهٔ TMω یا قوس Mω از استواست که مابین نصف‌النهار نقطهٔ A و نصف‌النهار مبدأ P'ωP واقع است وعرض آن، زاویهٔ MTA یا قوس MA از نصف‌النهار است که بین نقطهٔ A واستوای Q'Q محصور است .



شکل ۱۰

طول مکانی راکه درشرق مبدأ باشد شرقی وطول مکانی راکه درغرب مبدأ باشد غربی گویند . طول شرقی را با علامت + وطول غربی را با علامت − نشان می‌دهند. طولها از °۰ تا °۱۸۰ شرقی و °۰ تا °۱۸۰ غربی تغییر می‌کنند .

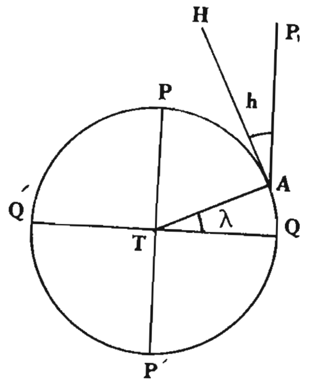
عرض مکانی راکه درشمال استوا باشد شمالی وعرض مکانی راکه در جنوب استوا باشد جنوبی می‌خوانند. عرض شمالی را باعلامت + وعرض جنوبی را با علامت − نشان می‌دهند. عرضها از °۰ تا °۹۰ شمالی و °۰ تا °۹۰ جنوبی تغییر می‌کنند .

طول وعرض هرمکان را بر روی هم مختصات جغرافیایی آن مکان گویند.

۲۱ــ تعیین عرض ــ قضیه ــ عرض هرمکان برابر ارتفاع قطب است نسبت به افق آن مکان .

برهان ــ فرض می‌کنیم که صفحهٔ شکل ، نصف‌النهار مکان A (محل رصد) باشد، Q'Q استوا، P'P محورزمین و AP_1 شعاع رؤیتی است که از نقطهٔ A(شکل ۱۱) به‌قطب آسمان متوجه است . TA خط قائم

نقطهٔ A و AH افق نقطهٔ A می‌باشد که عمود است بر AT. بنابر تعریف، زاویهٔ $QTA=\lambda$ عرض نقطهٔ A و زاویهٔ $HAP_1=h$ ارتفاع قطب نسبت به‌افق مکان A می‌باشد ، و چون این دو زاویه حاده واضلاعشان بریکدیگر عموداست، با هم مساویند .



شکل ۱۱

نتیجهٔ مهم ــ برای تعیین عرض هرمکان کافی است که ارتفاع قطب درآن نقطه تعیین شود (شمارهٔ ۱۹).

۲۲ــ تعیین طول ــ چون خورشید درمدت یك شبانه‌روز بظاهر یك دور به‌دور زمین می‌گردد ، درهر ساعت ۱۵ درجه می‌پیماید . پس می‌توان طول هرمکان را نسبت به‌مکان دیگر ازروی اختلاف ساعات حقیقی آنها بدست آورد ، به‌این معنی که هرگاه n اختلاف طول جغرافیایی و h اختلاف زمان دومکان باشد همواره این دستور برقرار است :

$$n=15h$$

مثلا هرگاه فاصلهٔ ظهر حقیقی دومکان مختلف ۳ساعت و ۳۰ دقیقه باشد، اختلاف طول جغرافیایی آنها با یکدیگر چنین می‌شود :

$$n=15^\circ\times 3\frac{1}{2}=\left(52\frac{1}{2}\right)^\circ=52^\circ 30'$$

اختلاف ساعات حقیقی دومکان رامی‌توان به‌وسیلهٔ تلگراف بی‌سیم تعیین کرد. برای این کار، فرض می‌کنیم که دونفر راصد دردو نقطهٔ مختلف قرارگرفته باشند. اولی ظهر حقیقی مکان خودرا با بی‌سیم به‌دومی خبر

می‌دهد. چون سرعت امواج رادیو درهر ثانیه ۳۰۰۰۰۰کیلومتر است، می‌توان گفت که امواج رادیو مسافت بین هردو نقطه از کرهٔ زمین را آناً طی می‌کنند، لذا دومی چون به‌ساعت خود نگاه کند اختلاف زمان مکان خود را نسبت به‌اولی بدست می‌آورد وفوراً یادداشت می‌کند، و چون این اختلاف را در ۱۵ درجه ضرب کنند، اختلاف طول جغرافیایی مطلوب بدست می‌آید.

اختلاف زمان هردومکان را می‌توان به وسیلهٔ کرونومتر دقیقی بدست آورد. برای این کار، کرونومتر را با ظهر حقیقی مکان خویش مطابق می‌کنیم وآن‌را با خود به‌مکان دیگری که مقصود تعیین اختلاف طول آن است می‌بریم؛ چون ظهر حقیقی مکان منظوررا با کرونومتر خود تطبیق کنیم، اختلاف ساعات حقیقی این دو مکان ظاهر می‌شود و طول مطلوب بدست می‌آید.

تبصرهٔ ۱ــ عملا به‌جای ظهر حقیقی، عبور کوکب معینی را از نصف‌النهار مکان مفروضی رصد می‌کنند یا یکی از حوادث دیگر سماوی را، که بعداً خواهیم دید، مأخذ قرار می‌دهند واختلاف زمان منظور را بدست می‌آورند. این اختلاف زمان‌را برحسب ساعت نجومی اندازه می‌گیرند (شمارهٔ ۷۵).

تبصرهٔ ۲ــ عرض تهران ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه و طول آن ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه است.

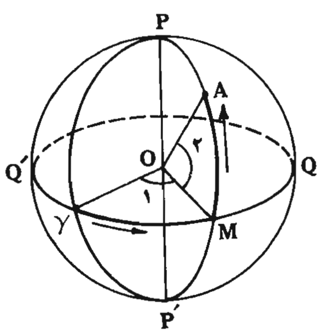
مختصات معدّلی یا استوایی

۲۳ــ مقدمه ــ برای تشخیص هر نقطه از آسمان دو زاویه بکار

می‌برند که آنها را مختصات آن نقطه گویند. چنانکه درشمارهٔ ۱۴ ذکر شد، موضع هرستاره را بر سطح کرهٔ آسمان می‌توان به وسیلهٔ زاویهٔ سمت وارتفاع آن مشخص کرد، لیکن این مختصات برای هرستاره فقط دریك لحظهٔ معین ویك افق مشخص بکار می‌رود و بمحض اینکه راصد تغییر مکان دهد یا زمان تغییر کند، مختصات مزبور تغییر خواهد کرد. پس به‌دستگاه جدیدی ازمختصات محتاجیم که همیشه ودرهرمکان بکار آید. این مختصات **بُعد** و**میل** است.

۲۴ــ میل و بُعد ــ میل هر ستاره مانند A قوسی است از دایرهٔ نصف‌النهاری[1] آن واقع مابین دایرهٔ معدل‌النهار وآن ستاره، مانند قوس MA (شکل ۱۲) (نظیر عرض جغرافیایی).

میل ستاره را شمالی(مثبت) یا جنوبی(منفی) گویند، بنابرآنکه ستارهٔ مفروض درنیمکرهٔ شمالی باشد یا جنوبی، وآن‌را همواره به‌حرف D می‌نمایند. میل از 0° تا 90° تغییر می‌کند، زیرا از معدل‌النهار تا قطب ربع محیط است.



شکل ۱۲

بُعد هرستاره مانند A عبارت از عدهٔ درجات قوسی است ازمعدل‌النهار که بین صفحهٔ نصف‌النهاری ستارهٔ مفروض وصفحهٔ نصف‌النهاری دیگری، مانند $P\gamma P'$ که مبدأ بعدها انتخاب می‌شود واقع باشد. درجات این قوس ازصفر تا 360° تغییر

۱ــ دایرهٔ نصف‌النهاری یا دایرهٔ ساعتی یك ستاره نیمدایره‌ای است که ازآن ستاره و دو قطب عالم می‌گذرد.

می‌کند وجهت آن را خلاف جهت حرکت عقربهٔ ساعت می‌گیرند و آن را غالباً به علامت $\mathcal{AR}$ می‌نمایند .

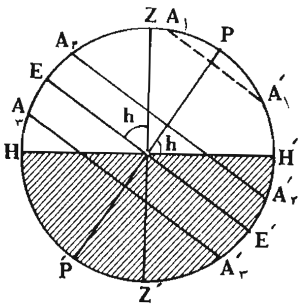
تبصره - واضح است که تمام ستارگان واقع بر روی یك مدار دارای یك میل و تمام نقاط یك نصف‌النهار دارای یك بعد می‌باشند ، پس درمقابل هر بعد ومیل معین يك نقطه وجود دارد وبعکس .

۲۵- تعیین بُعد - بعد هرکوکب را می‌توان به‌وسیلهٔ تئودولیت یا دوربین نصف‌النهاری تعیین‌کرد. برای این منظور ستارهٔ مفروض A (شکل ۱۲) را در موقع عبورش به نصف‌النهار مکان با دقت تمام رصد می‌کنیم. فرض می‌کنیم که ساعتی نجومی (شرح این‌ساعت بعدها ذکر خواهدشد) داشته‌باشیم که هنگام‌عبور نقطهٔ مبدأ (یعنی γ) به‌نصف‌النهار، ساعت۱۲را نشان دهد. ساعت عبورستارهٔ A را باهمین ساعت یادداشت می‌کنیم. اغلب همین‌فاصلهٔ زمانی‌را بعدآن‌ستاره‌گویند.اما اگربخواهیم می‌توانیم آن را با محاسباتی نظیرمحاسبات شمارهٔ ۲۲ تبدیل به‌درجه کنیم . مثلا هرگاه فاصلهٔ عبورنقطهٔ γ وستارهٔ A به‌نصف‌النهار ۳ساعت و۱۸ دقیقه و۱۳ ثانیه باشد ، داریم :

	عت	قه	نیه
$\mathcal{AR} =$	۳	۱۸	۱۳
$\mathcal{AR} =$	(۳	۱۸	۱۳) $\times$ ۱۵°=۴۹° ۳۳' ۱۵" یا

۲۶- اندازهٔ میل - میل هرکوکب‌را می‌توان به‌وسیلهٔ تئودولیت بدست آورد : فرض می‌کنیم که دایرهٔ قائم تئودولیت کاملاً در صفحهٔ نصف‌النهارباشد (دوربین نصف‌النهاری) و PEP'E' فصل مشترك صفحهٔ این دایره باسطح‌کرهٔ آسمان (شکل ۱۳) ، Z سمت‌الرأس ، PP' خط

قطبین که‌جهتش قبلاتعیین‌شده‌است، HH' افق‌حقیقی و EE' معدّل‌النهار باشد .



شکل۱۳

اولاً - فرض می‌کنیم که مقصود تعیین میل ستارهٔ A_1 باشد که در شمال سمت‌الرأس راصد (بین‌قطب‌وسمت‌الرأس) است، یعنی مطلوب اندازهٔ قوس EA_1 باشد . چنانکه درشکل مشاهده‌می‌شود این تساوی برقرار است

$$\widehat{EA_1} = D = \widehat{EZ}$$

اما :

$$\widehat{EZ} = \widehat{H'P}$$

$\widehat{H'P}$ ارتفاع قطب و $\widehat{ZA_1}$ فاصلهٔ سمت‌الرأسی ستارهٔ A_1 می‌باشد. پس اگر این ارتفاع را به h و فاصلهٔ سمت‌الرأسی را به z بنماییم این تساوی محقق است :

$$\boxed{D=h+z}$$

ثانیاً - فرض می‌کنیم‌که مقصود تعیین‌میل ستارهٔ A_2 باشدکه در جنوب سمت‌الرأس ودر نیمکرهٔ شمالی (بین‌سمت‌الرأس ومعدل‌النهار) واقع است ؛ دراین صورت نیز ازروی شکل چنین نتیجه می‌شود :

$$D = \widehat{EA_2} = \widehat{EZ} - \widehat{ZA_2}$$

$$\boxed{D=h-z}$$

پس بطور کلی میل هرستاره مانند x واقع درنیمکرهٔ شمالی این‌است:

$$\boxed{D_x = h \pm z_x}$$

در این دستور علامت جمع برای ستارگانی‌است که درشمال سمت‌الرأس واقعند وعلامت منها برای آنهایی‌که درجنوب سمت‌الرأسند .

ثالثاً ـ فرض می‌کنیم که مقصود تعیین میل ستارهٔ A_3 باشد که در نیمکرهٔ جنوبی (بین معدل‌النهار و افق) است . در این حالت نیز چنانکه ازشکل واضح می‌شود این‌تساوی حاصل است :

$$D = \widehat{EA_3} = \widehat{EZ} - \widehat{ZA_3} = h - z$$

دستور $D = h \pm z$ کلی‌است ودرتمام حالات بکار می‌رود، منتهی باید این نکته‌را درنظر داشت‌که هرگاه $h - z$ منفی باشد میل‌جنوبی است، یعنی ستاره درنیمکرهٔ جنوبی واقع است. ازمقدمات فوق قضیهٔ زیر نتیجه می‌شود :

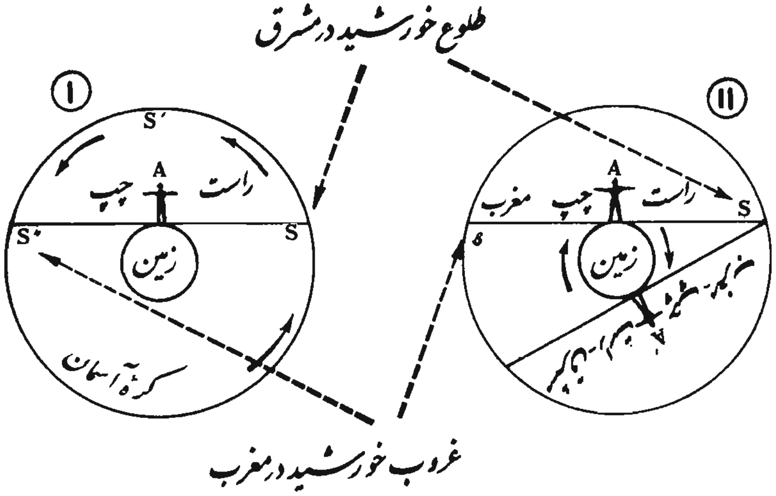
قضیه ــ مقدار جبری میل هرستاره مساوی است با ارتفاع قطب نسبت به افق مکان رصد بعلاوه یا منهای فاصلهٔ سمت‌الرأسی ستاره در موقع عبورش به نصف‌النهار آن مکان .

تبصره ـ اغلب در محاسبات نجومی به جای میل ، فاصلهٔ قطبی ستاره را منظورمی‌دارند. واضح است‌که این‌زاویه متمم‌زاویهٔ‌میل‌است.

فصل دوم

حرکت وضعی زمین

۲۷ـ توجیه طلوع وغروب ستارگان ـ چنانکه سابقاً گفتیم ، چنین بنظرمی‌آیدکه تمام ستارگان برسطح‌کرهٔ‌آسمان‌چسبیده‌اندواین



شکل ۱۴

کرهٔ بزرگ حول محوری همواره ازمشرق به مغرب دوران می‌کند، و بعلاوه از اوضاعی که در طلوع و غروب کواکب مشاهده می‌کنیم ثابت

می‌شودکه زمین ما در فضا معلق است و به چیزی تکیه ندارد . اکنون باید این مسئله را تحقیق کنیم‌که :آیا حرکتی‌که درکرهٔ آسمان بنظر می‌آید مطابق واقع‌است یا به‌واسطهٔ حرکتی‌است‌که‌کرهٔ‌زمین‌ازمغرب به‌مشرق درحول محور خود دارد .

باهردوفرض نتیجه یکسان است، زیرا راصد A که رو به شمال قرارگرفته است، خورشید وستارگان را ازراست به‌چپ خود درحرکت می‌بیند، خواه زمین بیحرکت وکرهٔ‌آسمان ازشرق به غرب درحرکت باشد (شکل۱۴ـ I)، خواه‌کرهٔ‌آسمان بیحرکت وزمین ازغرب به‌شرق درحرکت باشد (شکل ۱۴ـII) .

۲۸- حرکت زمین- قدما چنین تصورمی‌کردندکه کواکب نقاط درخشنده‌ای‌هستندکه برکرهٔ آسمان ثابتند واین‌کره درشبانه روز یك بار برگرد محورخود دورمی‌زند. بعداً معلوم شدکه هریك ازاین‌نقاط کرهٔ‌آزادی است‌که درفضا معلق است. بنابراین دوران تمام‌آنهابرگرد کرهٔ زمین امری نیست‌که قبولش آسان باشد . این بیشتر قابل قبول است‌که حرکت این ستارگان عظیم براثرگردش کرهٔ کوچك ما برگرد محورش باشد.

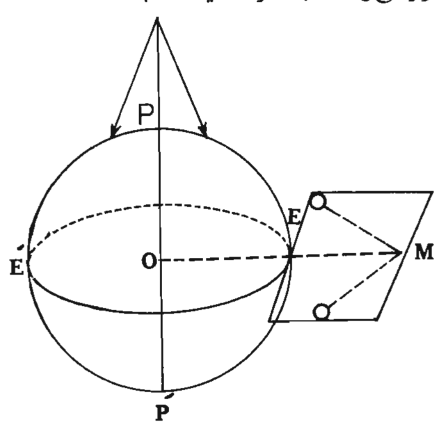
نکتهٔ دیگری که وجود حرکت زمین را بیشترتقویت می‌کند ، وجود سیاراتی‌است‌که کمال مشابهت را به‌کرهٔ زمین دارند ومعلوم‌شده است که تمام آنها حول یکی ازاقطار خود دوران می‌کند . پس دلیلی نداردکه کرهٔ‌کوچك ما مستثنی باشد .

۲۹- دلایل حرکت زمین- دلایلی چند وجود دارد که حرکت وضعی زمین را ثابت می‌کنند. مهمترین‌آنها عبارتند از:

الف ـ **تجربهٔ سقوط ـ** در چاه معدنی یك جسم وزین را بطور آزاد باکمال‌دقت سقوط دادند.آن‌جسم درضمن‌سقوط اندکی ازامتداد قائم منحرف شد وبه طرف مشرق آن نقطه فرودآمد . ازاینجا معلوم می‌شودکه زمین ازمغرب به‌مشرق به‌دور محورخود می‌چرخد.

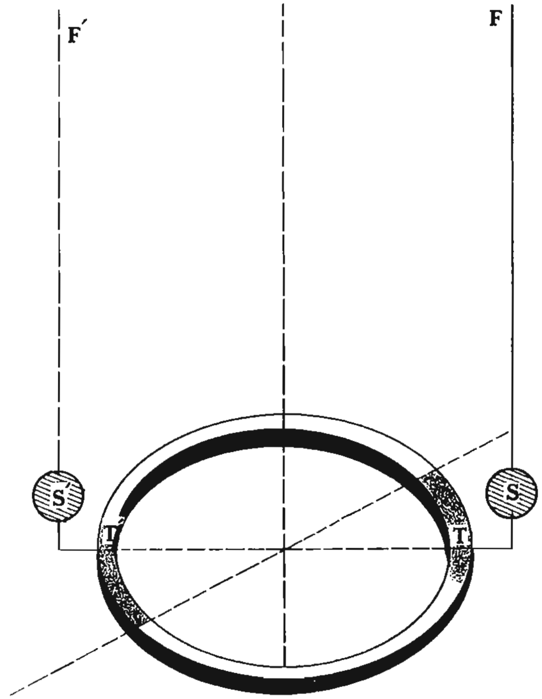
ب ـ **حرکت بادهای‌آلیزه وضدآلیزه ـ** بادهایی‌که از انتقال هوای سرد قطب به‌استوا وهوای‌گرم استوا به‌قطب تولید می‌شود باید دارای جهتی ازشمال به جنوب وازجنوب به شمال باشند . درحالی که بادهای ازقطب به استوا به طرف مغرب وبادهای از استوا به قطب به طرف مشرق منحرف می‌شود. انحراف این بادها نتیجهٔ حرکت وضعی زمین است.

ج ـ **تجربهٔ فوکو-** فوکو (۱۸۱۹ـ۱۸۶۸) برای اثبات حرکت دورانی زمین‌چنین فرض‌کردکه بتوان درقطب شمال آونگی درامتداد محور زمین آویخت وآن را بنوسان درآورد . بنابراین هرگاه زمین حول محورش متحرك باشد، هرنقطه ازآن درمدت ۲۴ ساعت یك دور تمام به‌دورصفحهٔ نوسان‌آونگ دورمی‌زند (چه‌درمکانیك ثابت‌شده‌است که‌صفحهٔ‌نوسان‌آونگ‌همواره ثابت‌وتغییرناپذیراست) وبنظر می‌آیدکه صفحهٔ نوسان‌درجهت عکس حرکت زمین و با همان سرعت متحرك است . اگر این آونگ‌رادرخط‌استوا بیاویزیم (شکل ۱۵) ، خط قائم مکان یعنی EM برمحورعمودمی‌شود



شکل۱۵

وچون صفحهٔ نوسان آونگ را به مربعی نمایش دهیم، آونگ دائماً باید در همین صفحه نوسان کند . پس مقدار انحراف ظاهری صفحهٔ آونگ درقطب باید بقدر سرعت دوران زمین و در استوا صفر باشد و درنقاطی که عرضشان مابین این دو مکان است مقدار انحراف هم باید مابین ۳۶۰درجه وصفر درجه باشد .



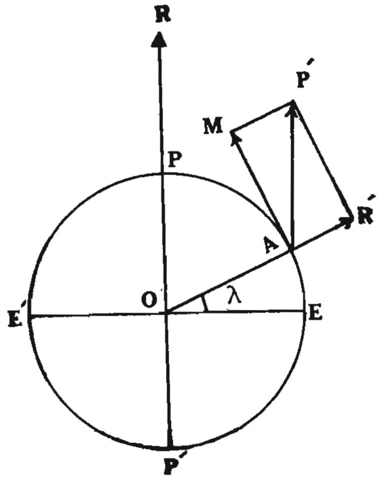
شکل۱۶

فوکو برای آزمودن این نظر، درسال ۱۸۵۱ مسیحی آونگی ترتیب داد مرکب از یك سیم نازك فولادی به طول ۶۷متر و گلولهٔ فلزی S (شکل۱۶) به وزن ۲۸ کیلوگرم که به انتهای سیم آویخته بود . این آونگ را به زیر سقف گنبد پانتئون آویخته وبادقت تمام بنوسان درآورد. برای اینکه تغییرات ظاهری سطح نوسان‌را ظاهرسازد دایرهٔ مدرجی درزیر آونگ قرار داد ، بطوری‌که مرکزش درامتداد خط قائم آونگ واقع باشد ، و دوتوده از ماسهٔ نرم (T و T') درطرفین محیط آن قرارداد . چون آونگ را بنوسان می‌آورد حرکت نوك آونگ بتدریج ماسه‌ها را از

دوسمت مخالف می‌ریخت ومقدار انحراف‌را ظاهرمی‌ساخت، و ازروی دایرهٔ مدرج معلوم شدکه مقدار این انحراف درپاریس، درهرساعت، ۱۱° و ۱۷' است .

---

* **۳۰ـ محاسبهٔ انحراف آونگ ـ** می‌توان به‌وسیلهٔ مکانیک مقدار انحراف نوسان مزبور را محاسبه کرد . فرض می‌کنیم که O کرهٔ زمین و OP محور دوران کره باشد (شکل ۱۷) . می‌دانیم که هردوران را می‌توان به توسط سهمی که در جهت محور دوران ممتد و طولش نمایش سرعت دوران باشد نمایش داد ، و لذا فرض می‌کنیم‌که این سهم PR باشد و آونگ را در نقطهٔ A به عرض λ بنوسان آورده باشیم. حال ازنقطهٔ A سهم AP' رامساوی و موازی PR رسم می‌کنیم و آن را به دو مؤلفهٔ AR' و AM که اولی در امتداد قائم مکان و دومی مماس برنصف‌النهار است تجزیه می‌کنیم ، پس تنها همان مؤلفهٔ AR' است‌که تغییرسطح نوسان را ظاهر می‌سازد و لذا ازمثلث قائم‌الزاویهٔ AR'P' چنین خواهیم داشت :



شکل ۱۷

$$AR' = AP' \sin\lambda$$

و چون AP' = PR را یك دور کامل در ۲۴ ساعت فرض کنیم چنین می‌شود :

$$\boxed{AR' = 2\pi \sin\lambda}$$

ازدستور فوق واضح می‌شودکه مقدار انحراف همواره متناسب باسینوس عرض مکان است .

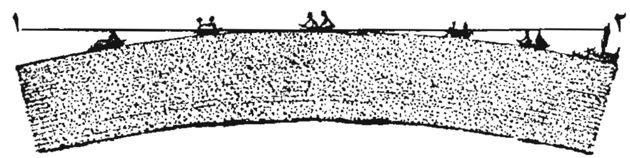
مسئله ـ مقدار انحراف آونگ را اولاً درمدت ۲۴ ساعت ، ثانیاً در مدت یك ساعت برای تهران که عرضش ۳۵° و ۴۱' است ، استخراج کنید .

شکل زمین و ابعاد آن

۳۱- مقدمه - هرگاه پستی وبلندیهای غیرمنظمی را که در سطح زمین بنظرمی‌رسد بحساب آوریم، ظاهراً شکل زمین را جزءِ هیچیك ازاشکال هندسی نمی‌توان محسوب داشت؛ ولی اگر این‌فرورفتگیها و برجستگیهارا باعظمت زمین‌مقایسه‌کنیم معلوم‌خواهدشدکه ازدانه‌های پوست نارنج هم نسبت به حجم آن بی‌اثرترند . همانطور که دانه‌های سطح نارنج شکلش را درنظر ما از کرویت خارج نمی‌کنند ، پستی و بلندیهای زمین نیزآن را ازشکل هندسی خود خارج نمی‌نمایند .

۳۲- شکل کرهٔ زمین - زمین تقریباً کروی‌است ودلایل‌آن به قرار زیراست :

اولاً - هرگاه درکنار دریا ناظرنزدیك شدن یك‌کشتی به ساحل باشیم ، مشاهده می‌کنیم‌که نخست نوك پرچم و سپس سایر اجزای آن



شکل ۱۸

بتدریج ظاهرمی‌شود . هنگام دور شدن کشتی ازساحل، عکس‌این امر روی می‌دهد (شکل ۱۸) .

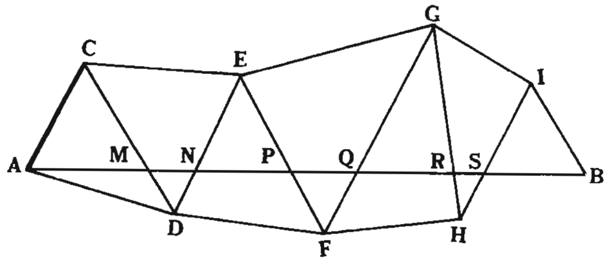
ثانیاً- هرجا درزمین‌مسطحی بایستیم‌دورخودرا به‌صورت دایره‌ای

مشاهده می‌کنیم که ظاهراً محیط آن فصل مشترك زمین با آسمان و مرکزش محل اقامت ماست . چون این دودلیل را با هم توأم‌کنیم لازم می‌آیدکه زمین‌کروی باشد .

ثالثاً- چنانکه بعدها خواهیم دید، درموقع‌خسوف (گرفتن‌ماه) سایه‌ای‌که زمین برقرص ماه می‌اندازد همواره به‌شکل‌قسمتی‌ازدایره است .

رابعاً - عکسبرداریها ومسافرتهای فضایی‌که طی‌چند سال اخیر بعمل‌آمده‌است دیگرجای تردیدی برای این موضوع باقی نگذاشته است .

۳۳- اندازهٔ نصف‌النهار - فرض می‌کنیم **AB** قوسی از یك نصف‌النهارباشد (شکل۱۹). واضح است‌که این‌قوس برسطح زمین رسم



شکل ۱۹

نشده است، ولی‌می‌توان به‌وسیلهٔ تئودولیت وپرچمهای‌مهندسی امتداد آن‌را مشخص‌کرد. حال برای اندازه‌گرفتن طول‌آن، خطی مانند **AC** به‌عنوان‌مبنابرروی زمین‌اختیارکرده‌به‌دقت‌تمام‌آن‌را اندازه‌می‌گیریم، سپس نقاطی مانند **D** و **E** و **F** و ..... را در طرفین **AB** چنان نشان می‌کنیم‌که ازهریك ازآنها دونقطهٔ مجاور دیده شود. پس‌ازآن‌هریك اززوایای **ACD** و**CAD** و**DCE** و**CDE** وغیره‌را به‌وسیلهٔ تئودولیت

اندازه می‌گیریم. حال درمثلث ACD دوزاویه وضلع بین‌آن دومعلوم است ، پس می‌توان موافق دستورات مثلثاتی آن را حل کرد و سایر اجزایش را بدست‌آورد ؛ همچنین درمثلث CED ضلع CD به وسیلهٔ حل مثلث اول‌معلوم شده است ودو زاویهٔ طرفینش‌را اندازه‌گرفته‌ایم، پس‌ضلع DE را می‌توان بدست‌آورد. به‌همین طریق ازحل هرمثلث، ضلعی بدست می‌آید که به کمك آن اجزای مثلث بعد حساب می‌شود.

حال زاویهٔ MAC مابین مبنای AC و امتداد نصف‌النهار را اندازه می‌گیریم. چون درمثلث AMC دوزاویه وضلع‌بین‌آن دویعنی AC معلوم است ، دو ضلع CM و AM بدست می‌آیند . همچنین در مثلث DMN ضلع DM تفاضل CD و CM است و $\widehat{DMN}=\widehat{CMA}$ و $\widehat{MDN}$ را سابقاً اندازه‌گرفته بودیم. چون مثلث DMN را حل‌کنیم ضلع MNکه قطعهٔ دوم نصف‌النهار است بدست می‌آید. به‌همین‌طریق در سایر مثلثها ، ENP و PFQ و غیره ، طول قطعات NP و PQ و QR و... بدست می‌آیدکه چون‌آنها را جمع کنیم طول AB قطعه‌ای از نصف‌النهار معلوم خواهد شد .

اکنون با تعیین عرض جغرافیایی دونقطهٔ A وB (شمارهٔ ۲۱) ، عدهٔ درجات این قوس را تعیین می‌کنیم. اگر این دونقطه در یك‌سمت استوا باشند تفاضل این دوعرض ، عدهٔ درجات قوس AB خواهد بود، واگردرطرفین استوا باشند مجموع‌آن دوعرض، عدهٔ درجات‌قوسAB است . طول تمام نصف‌النهار AB از روی تناسب زیر بدست می‌آید :

$$\frac{x}{۳۶۰}=\frac{m}{n}$$

که درآن m طول قوس AB و n عدهٔ درجات‌آن وx طول تمام نصف‌النهار است[1].

۳۴- ابعاد زمین - متر - برحسب اندازه گیریهایی که در قرن هجدهم مسیحی‌توسط عده‌ای ازمهندسان فرانسوی صورت‌گرفت،طول یك درجه ازنصف‌النهار تقریباً ۵۷۰۰۰ توآز (واحد طول درمقیاسات قدیم فرانسه وتقریباً معادل ۲ متر) بدست‌آمد؛ سپس واضعان‌دستگاه متری، طولی مساوی $\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰۰}$ ربع نصف‌النهار پاریس‌را گرفته وآن‌را مترقانونی نامیدند، ولی‌بعدها معلوم شدکه طول ربع نصف‌النهارمعادل ۱۰۰۰۱۸۶۸ مترمزبور است . لذا مترقانونی ۰/۱۸ میلیمتر نسبت به تعریف اولیه‌اش‌کوچکتر است. با این‌حال درتمام محاسباتی‌که مستلزم دقت زیاد نباشد زمین را کره‌ای به محیط ۴۰ میلیون متر می‌گیرند . پس شعاع آن چنین می‌شود :

$$R=\frac{۴۰۰۰۰km}{۲\pi}=۶۳۶۶/۱۹km$$

پس حجمش $V=\frac{۴}{۳}\pi R^{۳}$ تقریباً $۱/۰۸\times ۱۰^{۱۲}$ کیلومترمکعب یا $۱/۰۸\times ۱۰^{۲۷}$ سانتیمترمکعب می‌شود ، و وزنش ، بنا برآنکه وزن مخصوص آن را ۵/۵ بگیریم ، چنین خواهد شد :

$$P=V.d\#۶\times ۱۰^{۲۷}\text{گرم}=۶\times ۱۰^{۲۴}kg$$

۳۵ - شکل حقیقی زمین و نصف‌النهارات - هر گاه روی

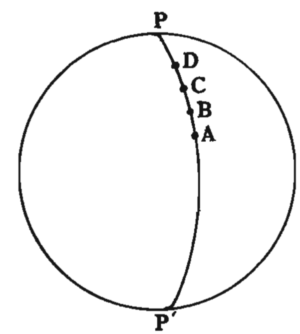
۱ـ محمدبن موسی‌بن شاکرازعلمای ریاضی‌اسلام به‌حکم هارون‌الرشید درصحرای سنجار به‌طریق مذکور محیط نصف‌النهاری زمین را معلوم کرد .

نصف‌النهاری مانند 'PP (شکل ۲۰) اعمالی مثلثاتی شبیه اعمال شمارهٔ ۳۳ انجام دهیم، وعرض جغرافیایی یك سلسله نقاط A و B و C و D و... وطول قوسهای AB و BC و CD و ..... را تعیین کنیم وآنها را با هم بسنجیم و همین اعمال را در مورد بعضی از نصف‌النهارات دیگر تکرارکنیم ، نتیجه خواهد شدکه :

اولاً ــ طول‌قوس یك‌درجه، هرقدرآن قوس ازخط استوا دورتر باشد، بزرگتراست، بطوری‌که هر نصف‌النهاررا می‌توان یك‌بیضی‌دانست که قطراطول‌آن قطری از استوا وقطر اقصرآن فاصلهٔ دوقطب است .

ثانیاً ــ تمام نصف‌النهارات بایکدیگرمساویند.

۳۶ـ فرورفتگی‌قطبین. از دو نتیجهٔ فوق‌معلوم می‌شودکه قطبین‌زمین اندکی‌فرورفتگی واستوایش‌برآمدگی دارد. پس زمین جسمی است بیضوی‌که از دوران یك نیم بیضی حول محور اقصرش تشکیل شده است بطوری که :



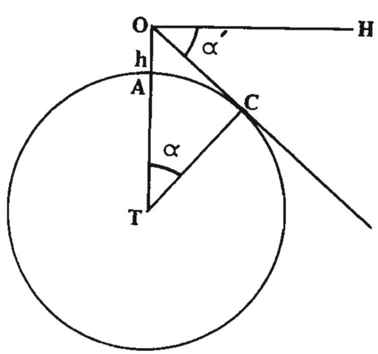
شکل۲۰

شعاع استوایی زمین	$a=6378249$ متر
شعاع قطبی زمین	$b=6356515$ متر
اختلاف دو شعاع	$a-b=21734$ متر
فرورفتگی قطبین	$\alpha=\frac{a-b}{a}=\frac{1}{297}$

تبصره ـ مقدارα پس ازاندازه‌گیریهای متعدد درنقاط مختلف

زمین از $\frac{1}{293}$ تا $\frac{1}{299}$ بدست آمده است . ولی از سال ۱۹۲۵ مسیحی به این طرف ، بنابرقرارداد کنفرانس بین‌المللی پاریس ، تمام دول‌برای اتحاد اعمال مهندسی و نجومی ، کسر $\frac{1}{297}$ را که بین $\frac{1}{293}$ و $\frac{1}{299}$ است بکار می‌برند .

۳۷ـ استخراج شعاع زمین به‌وسیلهٔ اتساع افق ـ واضح‌است که هرقدرازسطح زمین بالاتررویم افق‌حسی وسیع‌ترمی‌شود.زاویه‌ای راکه مماس برکرهٔ زمین ازیك نقطه، باصفحهٔ افق‌می‌سازد **زاویهٔ‌اتساع افق** گویند . حال اگر زاویهٔ اتساع افق و مقدار ارتفاع مکان رصد از سطح زمین در دست باشد، می‌توان شعاع زمین را محاسبه کرد. فرض می‌کنیم O نقطه‌ای به‌ارتفاع $OA=h$، OC مماس برکرهٔ زمین، TO خط قائم مکان و OH خط افقی واقع درصفحهٔ OCT باشد (شکل۲۱).



شکل۲۱

اولاً ــ $\widehat{COH}=\alpha'$ همان‌زاویهٔ اتساع افق‌است‌که می‌توان‌اندازه گرفت .

ثانیاً ــ چون ازمرکز T به‌نقطهٔ C وصل‌کنیم، این تساوی حاصل است: $\widehat{HOC}=\widehat{CTO}=\alpha$. حال درمثلث قائم‌الزاویهٔ OTC چنین داریم :

$$CT=R=(R+h)\cos\alpha$$

یا

$$R-R\cos\alpha=h\cos\alpha$$

یا

$$R(1-\cos\alpha)=h\cos\alpha$$

و از آنجا : $R = \frac{h\cos\alpha}{1-\cos\alpha}$

و چون : $1-\cos\alpha = 2\sin^2\frac{\alpha}{2}$

چنین خواهیم داشت: $\boxed{R = \frac{h\cos\alpha}{2\sin^2\frac{\alpha}{2}}}$

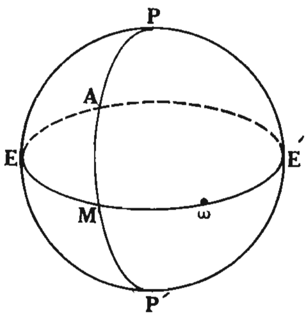
تبصره- به ازای متر ۳۰۰ = h ، مقدار α برابر ′۳۳ می‌شود و بنابر دستور فوق R مساوی ۷۰۰۰ کیلومتر خواهد شد. واضح است که این مقدار، اندازهٔ تقریبی شعاع است، زیرا زاویهٔ α نسبتاً خیلی کوچک بوده است.

فصل سوم

گره‌ها و نقشه‌های جغرافیایی و آسمانی

۳۸- کرهٔ آسمانی - از روی بعد و میل ستارگان می‌توان بآسانی مکان هر ستاره را بر سطح یك کرهٔ مصنوعی به‌طریق زیر بدست آورد :

از نقطهٔ اختیاری P واقع بر سطح کره ، دایرهٔ عظیمه‌ای به‌شعاعی برابر وتر ربع محیط ، باپرگار کروی رسم می‌کنیم. نقطهٔ P را می‌توان بمنزلهٔ قطب آسمان فرض کرد (شکل ۲۲).



شکل ۲۲

این دایره نظیر معدل النهار و نقطهٔ متقاطر P یعنی P′ قطب جنوب خواهد بود. حال نقطه‌ای مانند ω برروی معدل النهار به عنوان مبدأ بعدها اختیار می‌کنیم و قوس ωE′EM را به‌اندازهٔ بعد ستاره‌ای که مقصود تعیین موقع آن بر سطح کرهٔ آسمانی است بر معدل النهار نقل و دایرهٔ عظیمهٔ PMP′ را ترسیم می‌کنیم. سپس از نقطهٔ M در جهت مناسبی قوس MA را مساوی میل آن ستاره جدا می‌کنیم. نقطهٔ A تصویر ستارهٔ

مطلوب است .

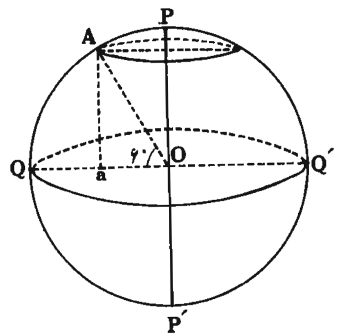
۳۹- تسطیح کره- وسیلهٔ نمایش نقاط مختلف آسمان یا زمین همان استعمال کرات مصنوعی است، ولی چون جزئیات را نمی‌توان روی کراتی که قابل حمل و نقل باشد نمایش داد، قسمتی از سطح کره یا تمام آن را بر روی سطحی مستوی تسطیح می‌کنند و آن را بر حسب آنکه متعلق به زمین یا آسمان باشد، نقشهٔ زمینی یا آسمانی می‌نامند . اما چون نمی‌توان سطح کروی یا قطعه‌ای از آن را بدون هیچ چین‌خوردگی و برشی بر سطح مستوی گسترد، قواعد چندی وضع کرده‌اند که هر یك نسبت به دیگری محسنات و معایبی دارد . مجموع این قواعد را **تسطیح کره** گویند .

۴۰- تصویر قائم- تصویر قائم هر نقطه از سطح کره عبارت است از موقع عمودی که از آن نقطه بر صفحهٔ دایرهٔ عظیمه‌ای از کره (صفحهٔ تصویر) فرود آید. غالباً صفحهٔ تصویر را صفحهٔ دایرهٔ استوا یا یکی از نصف‌النهارات قرار می‌دهند .

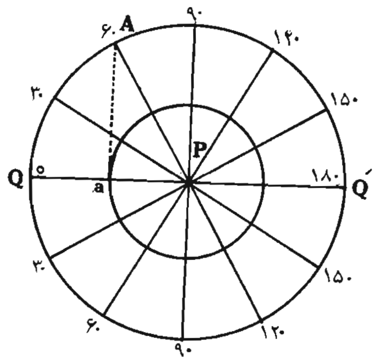
۴۱- تصویر قائم بر صفحهٔ استوا- فرض می‌کنیم PP' محور زمین و QQ' دایرهٔ استوا یا معدل‌النهار باشد (شکل۲۳)؛ چون صفحهٔ نصف‌النهارات بر این صفحه عمودند ، تصویرشان خطوط راستی است که از مرکز دایرهٔ استوا می‌گذرند.

بنابراین چون بخواهیم یکی از دو نیمکره مثلاً نیمکرهٔ شمالی را به این طریق تصویر کنیم، کافی است که دایره‌ای به شعاع اختیاری رسم کنیم (استوا یا معدل‌النهار) و آن را صفحهٔ تصویر قرار دهیم. پس تصویر قطب P مرکز این دایره (شکل۲۴) خواهد بود . چون قطر QQ' را

به وضع اختیاری رسم کنیم، تصویر نیمه‌ای از نصف‌النهار QPQ' می‌شود که نیمهٔ دیگرش در نیمکرهٔ جنوبی است . حال هر یك از دو نیمدایره را ابتدا از QQ' به اجزای متساوی چندی مثلا به شش قسمت تقسیم می‌کنیم و بر نقاط تقسیم اشعه‌ای مرور می‌دهیم تا تصاویر نصف‌النهارات ، ۳۰ درجه به ۳۰ درجه ، بدست آیند .



شکل ۲۳



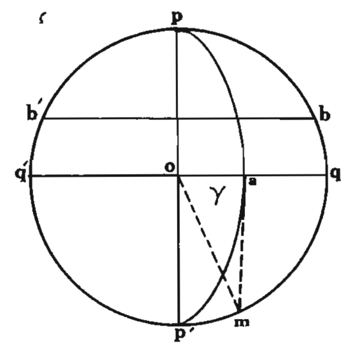
شکل ۲۴

برای ترسیم مداری ، مثلا مدار °۶۰ ، کافی است که از نقطهٔ A نظیر °۶۰ عمود Aa را بر قطر QQ' فرود آوریم و به مرکز P و به شعاع Pa دایره‌ای مرور دهیم. باید دانست که شعاع هر یك از مدارات مساوی است با کسینوس عرض نقاطی که این مدارات بر آنها می‌گذرد ، بنابر آنکه شعاع کره واحد باشد (شکلهای ۲۳ و ۲۴) .

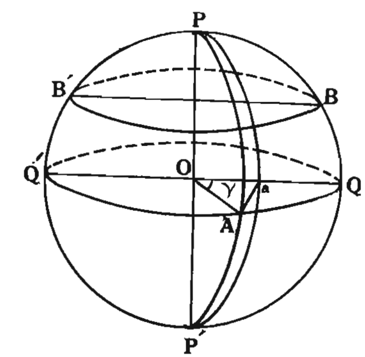
۴۲- تصویر قائم بر صفحهٔ نصف‌النهار - فرض می‌کنیم که $PQP'Q'$ نصف‌النهاری باشد که بخواهیم یکی از دو نیمکرهٔ نظیرش را بر آن تصویر کنیم (شکل ۲۵). در این صورت چون صفحه‌های استوا و مدارات بر صفحهٔ تصویر عمودند ، تصاویرشان خطوطی است مستقیم و متوازی . ولی چون صفحه‌های نصف‌النهارات نسبت به صفحهٔ تصویر

مایلند ، تصویر هریك از آنها نصف بیضی است و بنابراین شبکه‌ها (خانه بندیهایی که از تصاویر مدارات و نصف‌النهارات حاصل می‌شود) را به‌طریق زیر تشکیل می‌دهیم :

فرض کنیم دایرهٔ pqp'q' صفحهٔ تصویر باشد (شکل۲۶) ، پس pp' نمایش خط قطبی و qq' تصویر استواست که عمود بر pp' است.



شکل ۲۶



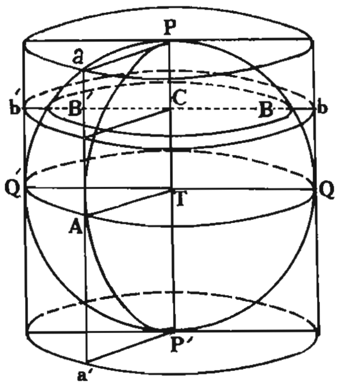
شکل ۲۵

تصویر نصف‌النهاری که صفحه‌اش بر صفحهٔ تصویر عمود است (۹۰ درجه‌ای) بر خط قطبی pp' منطبق می‌شود . حال نصف‌النهار دیگری مثلاً γ درجه‌ای را تصویر می‌کنیم . چنانکه قبلاً گفتیم ، تصویر این قبیل نصف‌النهارات نصف بیضی است و برای ترسیم بیضی باید طول دو قطر آن را بدست آورد . اما طول قطر اطول pp' معلوم است ، لذا کافی است قطر اقصرش را تعیین کنیم ؛ برای این مقصود از نقطهٔ A عمود Aa (شکل۲۵) را بر صفحهٔ تصویر فرود می‌آوریم. این عمود در صفحهٔ QAQ' واقع می‌شود پس oa برروی QQ' می‌افتد. بنابراین oa نصف قطر اقصر بیضی است . اما oa ضلع زاویهٔ قائمهٔ مثلث قائم‌الزاویه‌ای

است که وترش شعاع کره و زاویهٔ Aoa همان زاویهٔ γ یعنی طول نقطهٔ A است اگر Q مبدأ اختیار شود. بنابراین نقطهٔ a چنین بدست می‌آید که از مرکز o خط om را چنان رسم کنیم که باشعاع oq (شکل ۲۶) زاویهٔ γ درجه تشکیل دهد ، و از نقطهٔ m عمود ma را بر oq فرود آوریم تا نقطهٔ a وشعاع اقصر oa بدست آید. مقدار oa را از رابطهٔ $oa = R\cos\gamma$ می‌توان حساب کرد .

تبصره- دراین قسم نقشه‌ها تصاویر نواحی وسطای نیمکره از تصاویر نواحی کناری آن به‌حقیقت نزدیکتر است ، زیرا هرقدر به‌دو نقطهٔ q' و q نزدیکتر شویم مواقع عمودها بیشتر به‌یکدیگر نزدیک می‌شوند ودر نتیجه فواصل تصاویر نقاطی که به‌صفحهٔ تصویر نزدیکتر ند بی‌اندازه کم می‌شود .

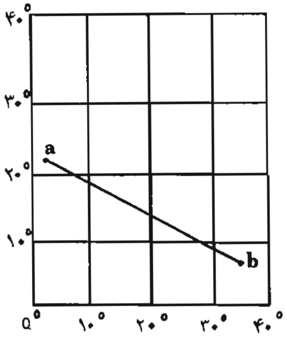
۴۳ ـ گسترش استوانه‌ای ـ



شکل ۲۷

فرض می‌کنیم که استوانهٔ دواری در امتداد استوای QQ' بر کرهٔ T محیط شده باشد (شکل۲۷). نصف‌النهارات ومدارات را امتداد می‌دهیم تا سطح جانبی استوانه را درخطوطی مانند aa' و دوایری مانند bb' قطع کنند . واضح است که فصل مشترك نصف‌النهارات مولدهایی است از استوانه و فصل مشترك مدارات دوایری است مساوی وموازی دایرهٔ استوا . حال اگر این استوانه را درامتداد یکی از مولدها بریده وبگسترانیم ، صفحهٔ مشبکی خواهیم داشت

(شکل۲۸) که در آن خطوط افقی نمایش مدارات و خطوط عمودی نمایش نصف‌النهاراتند. در این قسم نقشه‌ها فقط نواحی استوایی قریب به واقع نمایش می‌یابند، ولی هرقدر از استوا دورشویم اشکال واقع برسطح کره بیشتر تغییر شکل می‌دهند . چنانکه مدارات عموماً به اندازهٔ استوا تصویر می‌شوند و نصف‌النهارات متوازی می‌گردند ، بنابر این نقطهٔ قطب در بینهایت خواهد افتاد. این قبیل نقشه را تصویر مرکاتُر (به نام یکی از جغرافیدانان هلندی) گویند ودر دریانوردی بکار می‌رود .

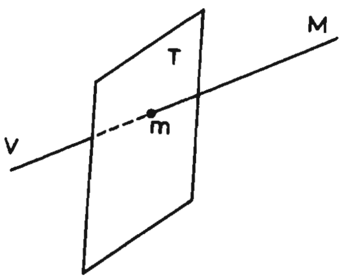


شکل ۲۸

۴۴- خاصیت تصویر مرکاتُر- می‌دانیم که اقصر فاصلهٔ میان هر دو نقطهٔ واقع برسطح کره قوسی است از دایرهٔ عظیمهٔ واصل بین این دو نقطه که از نصف محیط کمتر باشد. اما درسطح دریاها ، برای حرکت از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر ، بآسانی نمی‌توان کشتی را در روی قوس عظیمهٔ مابین این دو نقطه حرکت داد ، زیرا تنها وسیلهٔ تشخیص جهت مقصد برای دریانوردان همان قطب‌نماست، و می‌دانیم که این‌هم فقط جهت نصف‌النهار مکان کشتی را تعیین می‌کند و قوس عظیمهٔ مابین هردو نقطه با نصف‌النهارات زوایای مختلف تشکیل می‌دهد . برای اینکه بتوانیم کشتی‌را در روی قوس دایرهٔ عظیمه حرکت دهیم، باید قبلاً این زوایا را حساب کرده باشیم. بااین حال اگر حادثه‌ای کشتی‌را از مسیر خود منحرف سازد مجدداً این محاسبات لازم می‌آید . پس اگر یك خط منحنی‌را مسیر کشتی قرار دهیم که زاویه‌اش با نصف‌النهارات

همواره متساوی باشد ، این اشکالات از میان می‌رود . چون در سبك مرکاتر تصویر نصف‌النهارات خطوط متوازی است، اگر منحنی پیمودنی را برروی نقشه به خطی مستقیم مانند **ab** نمایش دهیم (شکل ۲۸) ، زاویه‌اش با نصف‌النهارات همه‌جا یکسان است. پس اگر دریانورد یك مرتبه زاویهٔ خط سیر خود را تعیین کند، می‌تواند از ابتدا تا انتهای مسافرت ، کشتی را طوری براندکه قطب‌نماهمان زاویه را نشان دهد. بنابراین هرگاه حادثه‌ای کشتی را از امتداد اولیه‌اش منحرف سازد ، دریانورد می‌تواند موضع جدید خودرا بوسیلهٔ تعیین عرض وطول آن مکان تشخیص داده واین نقطه‌را به مقصد (در روی نقشه) خویش وصل کند و زاویهٔ آن خط و نصف‌النهار را اندازه‌گرفته کشتی‌را در تحت این زاویه براند .

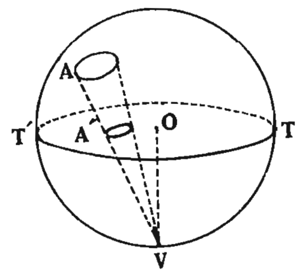
۴۵- تصویر مایل یا رسم‌الجسمی - فرض می‌کنیم که چشم راصدی در موضع **V** باشد (نقطهٔ نظر) و صفحهٔ **T** صفحهٔ تصویر و **M** نقطه‌ای در خارج صفحهٔ تصویر باشد . چون یك شعاع بصری از نقطهٔ **V** به **M** متوجه سازیم ، این شعاع صفحهٔ تصویررا (شکل۲۹) درنقطه‌ای مانند **m** قطع می‌کند که آن‌را **تصویر مایل** یا**مرایای** نقطهٔ **M** نامند.



شکل ۲۹

هرگاه مرایای نقاط مختلفهٔ یك شکل را به‌این نحو تعیین‌کنیم، مرایای آن شکل حاصل‌می‌شود. بنابراین مقدمه، اگرمقصود نمایش تصویر مایل قسمتی ازسطح

کره مثلا قسمت A باشد ، صفحهٔ دایرهٔ عظیمه‌ای مانند T'T را صفحهٔ تصویر (شکل ۳۰) و V انتهای شعاع OV را که بر صفحهٔ 'TT عمود است نقطهٔ نظر قرار می‌دهیم. حال مخروطی توهّم می‌کنیم که رأسش نقطهٔ نظر V و قاعده‌اش قسمت A باشد. بنابراین فصل مشترك سطح جانبی این مخروط باصفحهٔ تصویر 'TT که عبارت از محیط 'A است تصویر مایل محیط A و سطحش تصویر مایل سطح A خواهد بود. چون بخواهیم به این سبك دو نیمکره را تصویر کنیم، باید هریك ازدو نیمکره را متدرجاً برروی یك دایرهٔ عظیمهٔ اختیاری تصویر کنیم . معمولا صفحهٔ تصویررا یا دایرهٔ استوا انتخاب می‌کنند یا یکی از دوایر نصف‌النهار .



شکل ۳۰

فصل چهارم

خورشید

حرکت ظاهری خورشید

۴۶ ـ مقدمه – هرگاه روزهای متوالی خورشید را رصد کنیم ، ملاحظه خواهیم کرد که درمیان ستارگان تغییر مکان می‌دهد و نقاط طلوع وغروبش تغییر می‌یابد ، درصورتی‌که وضعیت ثوابت نسبت به هم یکسان و نقاط طلوع وغروبشان ثابت است. ازاین‌رو چنین می‌فهمیم که خورشید باید هم دارای حرکت بعدی باشد و هم دارای حرکت میلی.

۴۷ـ تغییرات بعد و میل خورشید ـ برای بدست آوردن حرکت خورشید نسبت به ثوابت ، روز بروز بعد ومیل آن را درموقع عبورش بر نصف‌النهار رصد نموده و نتیجهٔ عمل را درجدولی ثبت کرده‌اند واز آنجا چنین بدست آمده است :

اولاـ بعد خورشید هرروز قریب یك درجه زیاد می‌شود ، به این معنی که هرگاه خورشید به اتفاق ستارهٔ ثابتی از نصف‌النهار بگذرد، فردای آن روز خورشید قریب ۴ دقیقه دیرتر از آن ستاره از نصف‌النهار خواهد گذشت بقسمی که در مدت یك سال یك دور کمتر از ثوابت به

دور زمین می‌گردد .

ثانیاً- میل‌خورشید در روز اول بهار صفر است ،سپس‌رفته‌رفته این میل اضافه می‌شود تا اول تابستان که تقریباً به °۲۳ و ′۲۷ شمالی می‌رسد . از آن پس رو به تنزل می‌گذارد و دراول پاییز مجدداً صفر می‌شود وپس‌از آنکه وارد نیمکرهٔ جنوبی‌شد ، میلش متدرجاً برحسب مقدارمطلق ترقی‌می‌کندتا اول زمستان‌که تقریباً به °۲۳ و ′۲۷ جنوبی می‌رسد و بازمجدداً همان حرکت نوسانی‌را مابین دوحدشمالی‌وجنوبی °۲۳ و ′۲۷ ادامه می‌دهد .

تبصره - میل °۲۳و ′۲۷را **میل کلی**گویندودرهر سال۰/۴۶۵ ثانیه تنزل می‌کند.

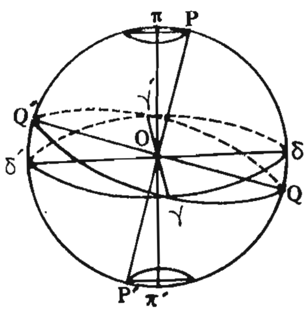
هنگامی‌که‌خورشید مجاورمعدل‌النهاراست‌حرکت میلی‌آن‌بسیار سریع و درشبانه روزی به ′۲۴ می‌رسد و وقتی‌که منتهای دوری را از معدل‌النهار پیداکرد ، این حرکت‌کند و نامحسوس می‌شود .

۴۸ - مدار سالانهٔ خورشید - چون‌نتیجهٔ‌ارصادفوق‌رابرروی یك‌کرهٔ آسمانی نمایش‌دهیم،ونقاط مختلفی راکه به‌این ترتیب حاصل می‌شوند متوالیاً به‌هم‌وصل‌کنیم ، **منحنی‌مدار سالانهٔ خورشید**بدست می‌آید (شکل ۳۱) .

حال اگر بردونقطه ازاین منحنی دایرهٔ عظیمه‌ای مرور دهیم ، مشاهده‌خواهیم‌کردکه محیط‌آن‌شامل تمام نقاط‌این منحنی‌خواهدشد؛ و از اینجا معلوم می‌شود که : اولا منحنی مزبور مسطح است ؛ ثانیاً سطحش‌نسبت به‌معدل‌النهار مایل‌است ومیل‌آن از °۲۳ و ′۲۷شمالی‌تا °۲۳ و ′۲۷ جنوبی‌می‌رسد. این دایرهٔ عظیمه را **دایرةالبروج**گویند.

منطقه‌ای ازکرهٔ آسمان را که دوقاعده‌اش موازی بادایرةالبروج وبه فاصلهٔ °۸ در طرفین آن واقعند ، **منطقة البروج** گویند ، که حرکت سالانهٔ ظاهری‌خورشیدوماه وسیارات جززهره و پلوتون درآن صورت می‌گیرد .

۴۹ - چهار نقطهٔ‌اصلی‌دایرة‌البروج -دایرةالبروج‌بامعدل‌النهاردر دو نقطهٔ γ وγ' متقاطع می‌شوند . نقطهٔ γ را ، که چون خورشید ازآن‌گذرد در نیمکرهٔ شمالی افتد ، **اعتدال بهاری** گویند، ونقطهٔ γ' را ،که چون‌خورشید از آن مرورکند درنیمکرهٔ جنوبی (شکل ۳۱) واقع می‌شود، **اعتدال پاییزی** ، وقطر $\gamma\gamma'$ را خط اعتدالین نامند .



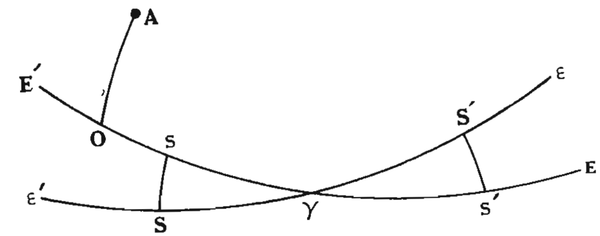
شکل ۳۱

دونقطهٔ دیگر δ و δ' راکه هریك به‌فاصلهٔ ۹۰ درجه ازدونقطهٔ اعتدالین واقعند **انقلابین** نامند ، آن که در شمال معدل‌النهار است **انقلاب‌تابستانی** ، وآن که‌در جنوب آن است **انقلاب زمستانی**وخط $\delta\delta'$ **خط انقلابین** است.

خط$\pi\pi'$ راکه ازمرکز دایرةالبروج برصفحهٔ آن‌عمود می‌شود ، محوردایرةالبروج، و دو نقطهٔ π وπ' راقطبین آن‌نامند. واضح‌است‌که فاصلهٔ زاویه‌ای دونقطهٔP و π مساوی است بامیل دایرةالبروج نسبت به معدل‌النهار ، یعنی همان °۲۳ و ′۲۷ .

۵۰ـ تعیین دو نقطهٔ اعتدالین ـ برای تشخیص وضع خط اعتدالین کافی است که بعد نقاط γ و γ' را نسبت به یک مبدأ موقتی O که نظیر دایرهٔ ساعتی ستاره‌ای مثلا **نسر واقع** است تعیین کنیم.

فرض می‌کنیم که EE' معدل النهار و $\varepsilon\varepsilon'$ دایرة البروج و نقطهٔ O همان مبدأ موقتی بعدها باشد (شکل ۳۲). حال فرض می‌کنیم که S نقطهٔ نظیر خورشید یک روز قبل از نوروز (یعنی روزی که آفتاب از نقطهٔ γ می‌گذرد) و میل آفتاب هنوز جنوبی است و S' نقطهٔ نظیر خورشید در یک روز بعد از نوروز باشد. در این دو وضع بعد و میل مرکز آفتاب را رصد و فرض می‌کنیم که a' و d' مقادیر دو مختص نقطهٔ S' باشند، یعنی $Os'=a'$ و $S's'=d'$ و نیز a و d دو مختص نقطهٔ S یعنی $Os=a$ و $Ss=d$ و x بعد نقطهٔ γ باشد یعنی $O\gamma=x$. دو مثلث قائم الزاویهٔ $S'\gamma s'$ و $S\gamma s$ را، چون خیلی کوچکند، می‌توان محسوساً دو مثلث



شکل ۳۲

مستقیم الاضلاع متشابه پنداشت (شکل ۳۲).

ولذا چنین خواهیم داشت:

$$\frac{\gamma s}{\gamma s'}=\frac{Ss}{S's'}$$

یا:

$$\frac{x-a}{a'-x}=\frac{d}{d'}$$

و چون این معادله را نسبت به x حل کنیم چنین شود:

$$x=\frac{ad'+da'}{d+d'}$$

از روی دستور اخیر بعد نقطهٔ γ بدست می‌آید و از همین راه می‌توان بعد نقطهٔ γ' را بدست آورد، ومشاهده کرد که بعدهای این دو نقطهٔ °۱۸۰ با یکدیگر اختلاف دارند.

تبصرهٔ مهم ـ نقطهٔ γ مبدأ بعدها و مبدأ ساعت نجومی گرفته شده است.

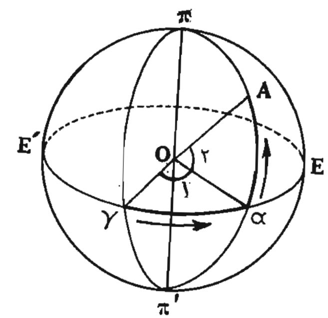
۵۱ ـ تقسیم منطقة البروج ـ دور منطقة البروج را به دوازده جزء متساوی قسمت کرده و هر قسمت را، که ۳۰ درجه می‌شود، یک برج نامیده‌اند. برجهای دوازده‌گانه را، ابتدا از نقطهٔ اعتدال بهاری، به این اسامی نامیده‌اند. **حمل** (بره)، **ثور** (گاو)، **جوزا** (دوپیکر)، **سرطان** (خرچنگ)، **اسد** (شیر)، **سنبله** (خوشه)، **میزان** (ترازو)، **عقرب** (کژدم)، **قوس** (کمان)، **جدی** (بزغاله)، **دلو** (کیسهٔ بزرگ پوستی که با آن آب از چاه می‌کشند)، **حوت** (ماهی).

۵۲ـ مختصات منطقی ـ چون بخوبی می‌توان در هر موقع وضع دایرة البروج را معین کرد، ممکن است که موقعیت ستارگان را نسبت به این صفحه، همانطوری که نسبت به صفحهٔ افق یا معدل النهار معین می‌شود، تعیین کرد، و از اینجا دستگاه مختصات جدیدی حاصل می‌شود که صفحهٔ اصلیش صفحهٔ دایرة البروج EE' و قطب آن π و مبدأ آن نقطهٔ اعتدال بهاری است (شکل ۳۳).

دوایری را که به موازات دایرة البروج رسم می‌شوند **دوایر عرضی**

و دوایری‌راکه بردوقطب π و π' می‌گذرند ، دوایرطولی دایرةالبروج می‌نامند . پس‌گوییم :

تعریف۱ـ طول آسمانی ستارهٔ A (شکل۳۳)زاویهٔ $\gamma o \alpha$ یاقوس $\gamma\alpha$ ازدایرةالبروج است‌که بین‌دایرهٔ طولی‌نقطهٔ γ ودایرهٔ طولی‌ستارهٔ A واقع باشد . این زاویه از صفر آغاز و، درجهت سهم (مستقیم)، به °۳۶۰ منتهی می‌شود .



شکل ۳۳

تعریف۲ـعرض آسمانی ستارهٔ A زاویهٔ $\alpha o A$ حادث مابین شعاع رؤیت ستارهٔA وصفحهٔ دایرةالبروج است . مقیاس این‌زاویه قوس αA ازدایرهٔ طولی است‌که واقع‌می‌شود مابین‌ستارهٔ مفروضA ودایرةالبروج. این‌قوس ازصفر(دایرةالبروج) آغاز و به °۹۰+ یا °۹۰− منتهی می‌شود ، برحسب آنکه ستاره در جهت قطب شمالی π باشد یا قطب جنوبی π'.

این‌دستگاه‌مختصات‌جدید‌برای‌مطالعه‌درحرکات‌آفتاب‌وسیارات بکارمی‌رود ، ولی باید دانست‌که دراین مورد لازم نیست طول و عرض را مستقیماً به‌وسیلهٔ رصد بیابند ، بلکه‌آنها را به‌توسط مثلثات‌کروی ازروی بعد و میل استخراج می‌کنند وبرای سهولت محاسبات‌است‌که مبدأ بعدها و طولها را از یك نقطهٔ مشترك γ گرفته‌اند .

۵۳ـ تبصرهٔ مهم ـ مختصات منطقی خورشید ـ چون مدار خورشید بردایرةالبروج منطبق‌است، عرضش همیشه صفرولی‌طولش، مانند بعدش ، همواره رو به افزایش است و به وسیلهٔ محاسبه بدست

می‌آید ، و می‌توان روز بروز طول‌خورشید را تعیین ودر جدولی‌ثبت کرد ، و از روی آن تغییرات طولی آن را بدست آورد .

۵۴ ـ اندازهٔ قطرظاهری‌خورشید ـ وقتی‌که‌قطر قائم‌دوربین نصف‌النهاری باکنار غربی خورشید مماس شود، فوراً ساعت‌را ملاحظه نموده و تأمل می‌کنیم تاکنار شرقی‌آن باهمان قطر مماس شود،آنگاه مجدداً ساعت را ملاحظه کرده و این فاصلهٔ زمانی را تبدیل به درجه می‌کنیم تامقدار قطر ظاهری‌آفتاب بدست آید (شماره‌های۵ و ۲۲) .

رصدهای مکرر نشان‌داده است‌که قطرظاهری آفتاب‌همواره‌به یك‌میزان نیست . در اوایل دی بزرگترین مقدار را دارد و در اوایل تیر به‌کمترین مقدار خود می‌رسد و مجدداً بتدریج افزایش‌می‌یابدتا اوایل دی‌که باز دارای همان مقدار می‌شود .

بزرگترین مقداراین‌قطر '۳۲و "۳۵وکمترین مقدارآن '۳۱و "۳۱ بدست آمده است ، لذا قدر متوسطش این است :

$$\frac{۳۲'۳۵''+۳۱'۳۱''}{۲}=۳۲'۳''$$

مقادیر قطرهای ظاهری را روز بروزدرمدت سال رصدودرجدولی‌ثبت کرده‌اند .

۵۵ـ رابطهٔ قطر ظاهری خورشید با فاصلهٔ آن از زمین ـ

چون مقدار قطرظاهری خورشید متغیر است، معلوم می‌شودکه‌فاصلهٔ آن از زمین نیز متغیر است . قضیهٔ زیر رابطهٔ قطرظاهری‌وفاصلهٔ خورشید را بیان می‌کند .

قضیه ـ فواصل مختلف خورشید با قطرهای ظاهری نظیرشان معکوساً متناسبند .

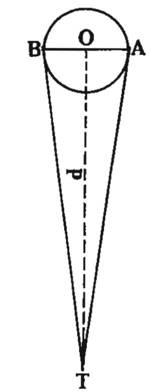
برهان ـ اندازهٔ زاویهٔ T (شکل۳۴) ، نظیر قطرظاهری AB، بقدری کوچك است که می‌توان وتر AB را به جای قوس AB که به مرکز T و به شعاع TA رسم می‌شود انتخاب کرد .اگر n عدهٔ درجات این‌قوس یا زاویهٔ مقابل‌آن باشد،درفاصلهٔ d طولش چنین می‌شود :

$$AB=\frac{\pi dn}{180}$$

وهرگاه n' عدهٔ درجات قطرظاهری AB در فاصلهٔ d' باشد ، چنین خواهیم داشت :

$$AB=\frac{\pi d'n'}{180}$$

ازمقایسهٔ‌این‌دوتساوی،بعدازاختصار، چنین داریم : $\frac{d}{d'}=\frac{n'}{n}$ یا $dn=d'n'$ ، واین همان تناسب منظور است .



شکل ۳۴

از اینجا معلوم می‌شودکه فاصلهٔ زمین ازخورشید در اوایل دی کمتر ودر اوایل تیر بیشتر است .

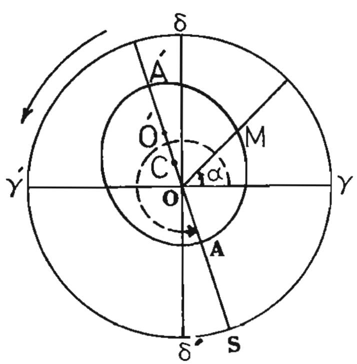
نقطه‌ای که در آنجا خورشید کمترین فاصله را با زمین دارد **حضیض** ، و نقطه‌ای‌که درآنجا بزرگترین فاصله را دارد **اوج** نامیده می‌شود .

۵۶ـ شکل مدارخورشید ـ سابقاً گفتیم‌که خورشید بر دایرة‌البروج مدارمسطحی می‌پیماید (شمارهٔ ۴۸)؛ اکنون می‌خواهیم شکل این‌منحنی‌را تعیین‌کنیم. برای این‌مقصود ، دایره‌ای به‌شعاع اختیاری رسم می‌کنیم ، و فرض می‌کنیم که نقاط γ و γ' و δ و δ' بترتیب چهار

نقطهٔ اعتدالین و انقلابین باشند و حرکت خورشید درجهت سهم‌انجام گیرد (شکل ۳۵) . بعلاوه از روی جدول مذکور در تبصرهٔ شمارهٔ ۵۳ معلوم شده است‌که طول آفتاب درحضیض قریب °۲۸۱ است؛ حال اگر از نقطهٔ O خط OS را چنان مرور دهیم که باخط $O\gamma$ زاویهٔ °۲۸۱ (درجهت سهم) تشکیل دهد ، خورشیددرموقع حضیض برروی‌این‌خط واقع‌خواهدشد ، و چون طول OA رابه‌اندازهٔ واحدانتخابی‌جداکنیم، یك نقطه ازشکل مسیر واقعی بدست می‌آید .

حال فرض می‌کنیم‌که‌قطرظاهری خورشیدهنگامی‌که‌ازحضیض می‌گذرد n و درلحظهٔ دیگری‌که در وضع M و طولش α° است n' است و فاصلهٔ خورشید از نقطهٔ O در این لحظه d' باشد . طبق شمارهٔ ۵۵ داریم :

$$\frac{d'}{OA}=\frac{n}{n'}$$



شکل ۳۵

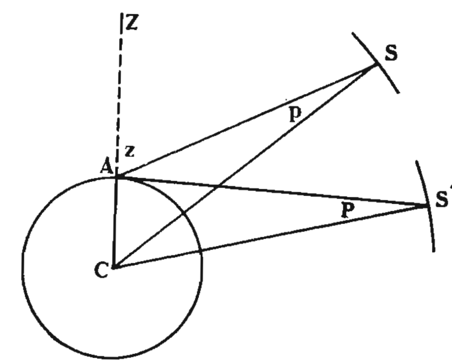
از این تناسب می توان مقدار d' رابدست‌آوردوازآن‌رو موقعیت نقطهٔ M راتعیین‌کرد وچون‌به‌همین قیاس‌درچندروز ازایام‌سال‌این‌عمل راتکرارکنیم،موضع‌خورشیددرهر یك ازآن ایام معلوم‌می‌شود. حال اگراین نقاطراباخط منحنی پیوسته‌ای به‌هم وصل‌کنیم، منحنی سالانهٔ خورشیدبدست می‌آید و محسوساً می‌توان‌دیدکه‌این منحنی عبارت از بیضی‌است‌که نقطهٔ O یکی از دوکانون و AA' محوراطول‌آن است‌که

قطر اوج وحضیض نام یافته است. پس می‌توان چنین پنداشت که خورشید ظاهراً درحول زمین مدار بیضی شکلی می‌پیماید که زمین در یکی از دو کانون آن است وجهت این حرکت از مغرب به مشرق است.

تبصره– نسبت $\frac{CO}{CA}$ را خروج از مرکز بیضی گویند و اندازهٔ آن برای مدار سالانهٔ آفتاب $\frac{1}{60}$ است.

فاصلهٔ خورشید و عظمت آن

۵۷– اختلاف منظر ستارگان– اختلاف منظر یک ستاره در نقطه‌ای از سطح زمین زاویهٔ بین دو خط شعاعی است که یکی از آنها بر مرکز زمین و دیگری بر آن نقطه بگذرد و هردو به مرکز آن ستاره منتهی شوند. مثلاً اگر فرض کنیم که C مرکز زمین و A نقطه‌ای از سطح زمین و S مرکز آفتاب باشد (شکل ۳۶)، زاویهٔ $ASC=p$ اختلاف منظر خورشید نسبت به نقطهٔ A می‌باشد. هرگاه خورشید در نقطهٔ S' یعنی در افق نقطهٔ A باشد، زاویهٔ $AS'C$ را اختلاف منظر افقی گویند و اگر در بالای افق باشد اختلاف منظر را ارتفاعی نامند. اختلاف منظر افقی آفتاب



شکل ۳۶

بطور متوسط ۸″٫۸۵ است.

چون زاویهٔ اختلاف منظر ارتفاعی ستاره‌ای را در وضع S به p بنماییم و z فاصلهٔ سمت‌الرأسی و P اختلاف منظر افقی آن ستاره فرض شود، به‌وسیلهٔ مثلثات بین این سه مقدار رابطهٔ ساده‌ای پیدا می‌شود که مقدار P را برحسب دو مقدار دیگر بدست می‌دهد.

درحقیقت فرض می‌کنیم که r شعاع زمین و d فاصلهٔ $CS=CS'$ باشد، ازمثلث قائم‌الزاویهٔ CAS' چنین بدست می‌آید:

$$\frac{r}{d}=\sin P$$

چون زاویهٔ P خیلی کوچک است، می‌توان نوشت: $\frac{r}{d}=P$ (۱)

درمثلث ASC داریم: $\frac{r}{d}=\frac{\sin\widehat{CSA}}{\sin\widehat{CAS}}=\frac{\sin p}{\sin z}$ (بااستفاده از ارتفاع رأس C)

چون زاویهٔ p خیلی کوچک است پس: $\frac{r}{d}=\frac{p}{\sin z}$ (۲)

از مقایسهٔ تساویهای (۱) و(۲) چنین خواهیم داشت:

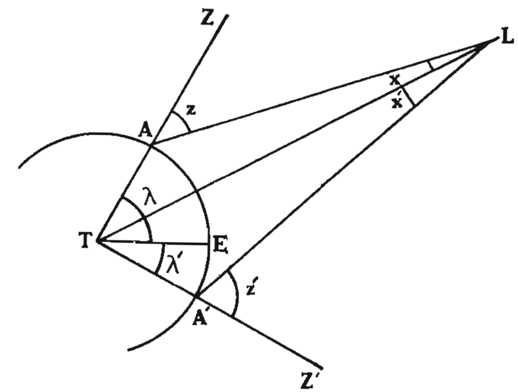
$$\frac{p}{\sin z}=P$$

واز آنجا: $\boxed{p=P\cdot\sin z}$

حال اگر اختلاف منظر ارتفاعی را داشته باشیم می‌توانیم باکمک این دستور اختلاف منظر افقی را بدست آوریم.

۵۸ – تعیین اختلاف منظر افقی یک ستاره – دو راصد روی یک نصف‌النهار که بقدر کفایت از یکدیگر دور باشند قرار می‌گیرند.

فرض می‌کنیم‌که A و 'A دو قرارگاه (شکل ۳۷) به عرضهای λ و λ' باشد. در لحظه‌ای که ستارهٔ L به نصف‌النهار می‌گذرد، هردو راصد فاصلهٔ سمت‌الرأسی آن z و 'z را اندازه می‌گیرند (به‌توسط تئودولیت).



شکل ۳۷

از دو مثلث: LAT و LA'T چنین حاصل می‌شود:

$$x = z - ATL \quad \text{و} \quad x' = z' - A'TL$$

وچون این دو تساوی را با هم جمع‌کنیم، با توجه به‌اینکه:

$$ATL + A'TL = \lambda + \lambda'$$

چنین خواهیم داشت:

$$x + x' = z + z' - (\lambda + \lambda') \tag{1}$$

و بنا بر دستورشمارهٔ قبل: $x = P\sin z$ و $x' = P\sin z'$

و از جمع این دو تساوی چنین خواهیم داشت:

$$x + x' = P(\sin z + \sin z')$$

و چون:

$$\sin z + \sin z' = 2\sin\frac{z+z'}{2}\cos\frac{z-z'}{2}$$

پس:

$$x + x' = 2P.\sin\left(\frac{z+z'}{2}\right)\cos\left(\frac{z-z'}{2}\right) \tag{2}$$

وچون دو معادلهٔ (۱) و(۲) را معادل‌کنیم چنین می‌شود:

$$2P\sin\frac{z+z'}{2}\cos\frac{z-z'}{2} = z + z' - (\lambda + \lambda')$$

پس:

$$P = \frac{z + z' - (\lambda + \lambda')}{2\sin\frac{z+z'}{2}\cos\frac{z-z'}{2}}$$

بدیهی است‌که هریك از مقادیر z و 'z و λ و λ' را می‌توان به وسیلهٔ رصدیافت وازدستورفوق مقدارP راکه‌اختلاف منظرافقی‌ستارهٔ مفروض است استخراج‌کرد.

تبصره ـ در محاسبات فوق A و 'A درطرفین استوا و λ و λ' قدرمطلق عرض جغرافیایی فرض شده است.

۵۹ ـ فاصلهٔ خورشید اززمین ـ وقتی که اختلاف منظر افقی خورشید بدست آمد، بسهولت می‌توان فاصلهٔ آن را از زمین (d) به شرح زیراستخراج‌کرد:

ازشمارهٔ ۵۷ معلوم می‌شودکه: $d = \frac{R}{P}$.

در حقیقت P قوسی است به مقدار ″۸٫۸ که می‌توان آن را بر حسب رادیان بدست‌آورد:

$\frac{\pi \times 8''.8}{180 \times 60 \times 60}$ یا $\frac{\pi \times 8''.8}{648000}$ و چون این مقدار را در دستور d به‌جای P قرار دهیم چنین خواهیم داشت:

$$d = \frac{648000 \times R}{\pi \times 8''.8}$$

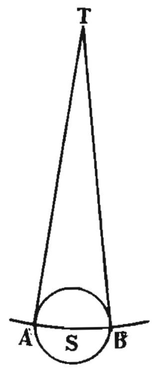
و چون به جای π عدد ۳٫۱۴ را بگذاریم، d تقریباً معادل با $23450R$ می‌شود. یعنی فاصلهٔ خورشید از زمین ۲۳۴۵۰ برابرشعاع

زمین است و چون شعاع متوسط زمین ۶۳۶۶ کیلومتر است (شمارهٔ ۳۴)، فاصلهٔ خورشید اززمین تقریباً ۱۴۹میلیون‌کیلومترخواهد شد.

مثلا ماشین‌سریع‌السیری‌که درهرساعت۱۰۰کیلومترطی‌مسافت کند، تقریباً بعد از ۱۷۰ سال به‌خورشید خواهد رسید.

تبصره - می‌توان به وسیلهٔ اختلاف منظر افقی و شعاع زمین فاصلهٔ مذکور را از دستور $d=\frac{r}{\sin P}$ استخراج‌کرد .

۶۰- شعاع خورشید - از روی فاصلهٔ خورشید می‌توان شعاع آن را بدست‌آورد . پس فرض می‌کنیم‌که S کرهٔ خورشید باشدکه از زمین رؤیت می‌شود (شکل ۳۸) وT زمین باشدکه از خورشید دیده می‌شود (شکل۳۹) . زاویهٔATBهمان قطر ظاهری خورشید است‌که مقدارش بطورمتوسط ″۱۹۲۶است وزاویهٔ aSb زاویه‌ای است‌که قطرزمین ازخورشید دیده می‌شود وبنابراین دوبرابر زاویهٔ اختلاف‌منظریعنی۲ برابر۸٫″۸می‌باشد که برابر است با ۱۷″٫۶ . از طرف دیگرقوسهایABوabکه به یك شعاع (فاصلهٔ زمین از خورشید) رسم شده‌اند ، با مقدار زاویهٔ مقابل‌آنها متناسبند . پس :



شکل ۳۸

شکل ۳۹

$$\frac{AB}{ab}=\frac{1926''}{17''.6}$$

و چون این دو قوس خیلی کوچك و شعاع آنها خیلی بزرگ است ،

می‌توان آنها را مانند دو خط مستقیم فرض‌کردکه اولی قطرخورشید و دومی قطر زمین خواهد شد وچون اولی را به ۲R و دومی را به۲r بنماییم ، تناسب فوق چنین می‌شود :

$$\frac{R}{r}=\frac{1926''}{17''.6}=109$$

و ازآنجا R=۱۰۹r یعنی‌شعاع خورشید ۱۰۹ برابر شعاع‌زمین‌است.

۶۱- نسبت سطح وحجم خورشید به‌زمین- چنانکه می‌دانیم نسبت سطح دوکره به‌یکدیگرمثل نسبت مربعات ، و نسبت‌حجمشان به‌یکدیگر مثل‌نسبت مکعبات اشعهٔ‌آنهاست، و بنابراین‌سطح‌خورشید قریب ۱۲۰۰۰ برابر سطح زمین وحجمش‌قریب ۱۳۰۰۰۰۰ برابرحجم زمین است.

ساختمان خورشید و حرکت وضعی آن

۶۲ - ساختمان طبیعی خورشید - تقریباً تمام‌جرم‌خورشید به حالت بخاراست . این تودهٔ گازی مرکب است ازیك هستهٔ مرکزی که ماهیتش مجهول و جزء اعظم جرم خورشید را دربردارد، وبعد از آن یك طبقهٔ نورانی کدر و سه‌طبقهٔ شفاف‌که دربالای یکدیگر قرار دارند .

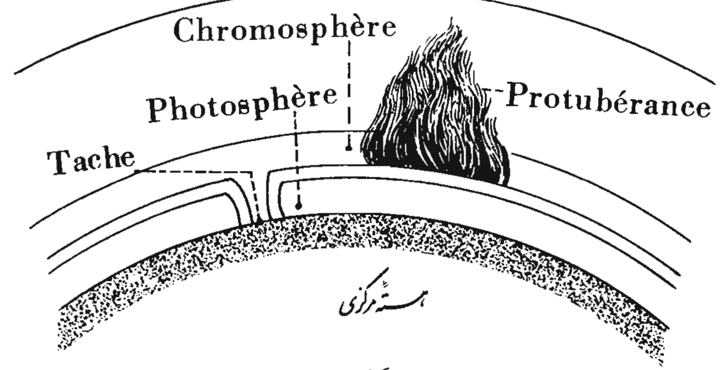
چون از مرکز خورشید رو به محیط آن برویم،ابتدا از هستهٔ مرکزی و بعد متوالیاً ازطبقات زیر (شکل ۴۰) عبور می‌کنیم :

۱- یك طبقهٔ درخشان به نام **فوتوسفر** (**Photosphère**)

که مرکب از گازهای محترقه می‌باشد و نوری‌که به‌ما می‌رسد ازهمین طبقه است .

۲ ـ یك اتمسفر بخار موسوم به‌طبقهٔ **تابان** ، زیرا که تابش خطوط طیف خورشیدی ازاین طبقه حاصل می‌شود.

۳ ـ یك اتمسفر قرمز رنگ **کروموسفر** (Chromosphère) که بالاختصاص از ئیدروژن و هلیم تشکیل یافته است وشعله‌های عظیم قرمز رنگی موسوم به پروتوبرانس (Protubérance) از آن زبانه می‌کشد ، بطوری‌که ارتفاعشان تا ۳۰ برابر قطر کرهٔ زمین می‌رسد و در هنگام کسوف کلی باچشم غیرمسلح نیز دیده می‌شود .



شکل ۴۰

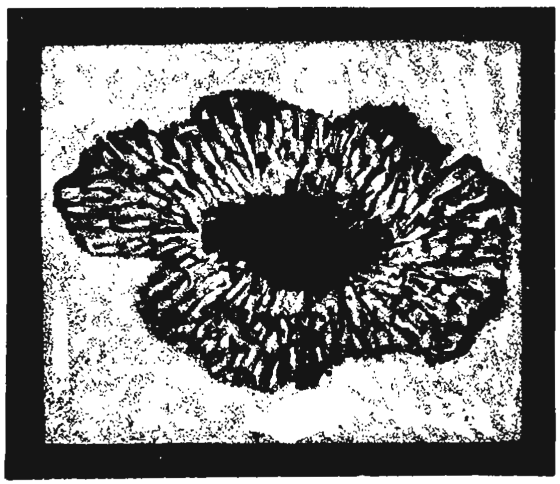
۴ـ یك طبقهٔ محیطی شفاف موسوم به **اکلیل** یا **تاج** که هنگام کسوف کلی، یعنی وقتی‌که کرهٔ ماه سایه برروی خورشید می‌اندازد، مرئی می‌شود . این طبقه از گازها و ذرات رقیقی تشکیل یافته است.

۶۳ ـ ترکیبات شیمیایی خورشید ـ از تجزیهٔ طیفی[1] آفتاب

۱ ـ چنانکه در فیزیك خوانده‌ایم ، چون نور آفتاب را از منشور بلوری عبور دهیم به هفت رنگ تجزیه می شود که مجموعهٔ آنها را طیف آفتاب گویند .

چنین استنباط می‌شود که‌غالب‌عناصر شیمیایی که‌ما می‌شناسیم‌درخورشید یافت می‌شوند ، از قبیل : اکسیژن ، ئیدروژن ، هلیم ، کربن، سدیم، منیزیم ، آلومینیم ، کلسیم ، آهن ، نیکل ، مس، روی ، نقره ، قلع ، سرب وغیره . پس‌می‌توان‌گفت‌که‌ترکیبات خورشید نیزمانندترکیبات زمین است.

۶۴ ـ کَلَفها و حرکت وضعی خورشید ـ این قسمت عبارت از طبقه‌ای نورانی است‌که برهستهٔ مرکزی احاطه دارد ، وچون‌قرص خورشید رابا دوربین قوی مشاهده‌کنیم مانند گلوله‌ای‌بنظرمی‌رسدکه



شکل ۴۱

از دانه‌های مدور فوق‌العاده درخشانی پوشیده شده است و این‌دانه‌ها به وسیلهٔ نواحی نسبتاً تیره از هم جدا می‌شوند .

غالباًدرفوتوسفر نواحی تیره رنگی‌بنظرمی‌رسندکه‌آنهاراکلف (لکه) می‌نامند (شکل ۴۱).

کلفهای خورشیدمتحرک کند وچنانکه مشاهده شده‌است‌این کلفها متدرجاً ازمشرق به‌مغرب برروی قرص خورشیدپیش‌می‌روندتاعاقبت درکنار غربی از نظر ما غایب‌گشته و پس‌از مدتی مجدداًدرسمت‌مشرق دیده می‌شوند . مدت دومرور متوالی هر کلف را به یك‌وضع‌مشخص، از راه رصد ، تقریباً ۲۷ $\frac{۱}{۲}$ شبانه روز یافته‌اند .

از حرکت کلفهاچنین برمی‌آیدکه خورشید بایدحول‌محوری‌از مغرب به مشرق[1] متحرك‌باشد ومدت یك‌دور کامل‌حرکت وضعی‌آن را به وسیلهٔ رصد و محاسبه ۲۵٫۵ روز[2] یافته‌اند .

۱ـ وقتی‌که ما خورشید را رصد می‌کنیم ، حرکت کلفهای خورشید را درجهت مشرق به‌مغرب آسمان می‌بینیم . بنابراین می‌توان درنظر مجسم نمود که حرکت وضعی خورشید مانند حرکت وضعی زمین درجهت مثلثاتی از مغرب به مشرق است .

۲ـ مدت حرکت وضعی خورشید در نقاط مختلف آن یکسان نیست ، یعنی حرکت وضعی در نقاط نزدیک به استوای خورشید سریعتر و در نقاط دور از استوا کندتر می‌شود بطوری که مدت حرکت وضعی آن را در استوا ۲۵ روز و درعرض ۷۵° آن ۳۳ روز یافته‌اند .

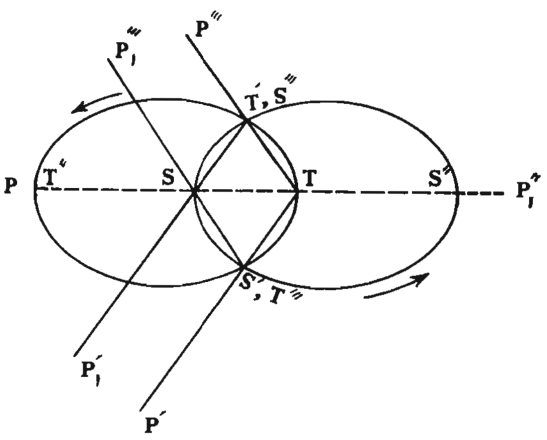
فصل پنجم

حرکت انتقالی زمین

۶۵ ـ حرکت زمین به‌دور خورشید.ـ چنانکه در پیش گفتیم ظاهراً چنین‌بنظر می‌آیدکه خورشید ، درمدت‌یك‌سال، یك‌بارازمغرب به‌مشرق برگرد زمین می‌گردد و مدارش بیضیی‌است‌که زمین‌دریکی‌از دو کانون آن واقع است ؛ اما این اوضاع ظاهری ممکن‌است‌به‌واسطهٔ خطای باصرهٔ ما باشد. می‌توان بسهولت مدلل‌داشت‌که هرگاه،به‌عکس آنچه‌ظاهراً بنظرمی‌آید، خورشید ساکن‌وزمین به‌دورآن‌برروی‌محیط بیضی شکلی حرکت‌کندکه خورشید دریکی ازدوکانونش‌باشد،بازهمان اوضاع ظاهری درآسمان مشاهده خواهد شد .

فرض می‌کنیم $SS'S''S'''$ مدار خورشید و T زمین باشد که در کانون‌آن‌واقع‌است؛ نقطهٔ S حضیض، S'' اوج‌وحرکت‌خورشیددرجهت سهم‌است (شکل۴۲) وخورشید متناوباً به وضع S و S' و S'' و S''' واقع شودکه چون‌ازکرهٔ زمین‌آن را مشاهده‌کنیم بترتیب درمواضع P و P' و P'' و P''' ازسطح کرهٔ آسمان تصویر شود .

حال بیضی‌دیگری‌مساوی بیضی‌اول رسم می‌کنیم‌که کانونش‌در S



شکل۴۲

وقطرهای اطول دو بیضی در امتداد هم باشد. فرض می‌کنیم که زمین در جهت سهم درروی این بیضی و با همان سرعت متغیر خورشید حرکت کند. وقتی که زمین در نقطهٔ T است ، خورشید به‌وضع P تصویر می‌شود (مانند فرض اول) وچون زمین قوس $TT'=SS'$ را بپیماید ، چون شکل $SS'TT'$ متوازی‌الاضلاع می‌شود، خورشیدرا درامتدادی مانند P'_1 مشاهده خواهیم کرد که اگر خورشید متحرك می‌بود و به‌وضع S' می‌رسید بازهم درهمان امتداد و بنابراین درهمان ناحیهٔ آسمان مشاهده می‌شد .

چون زمین به‌موضع T'' برسد، خواهیم دید که خورشید درموضع P''_1 تصویر می‌شود و بالاخره چون زمین به نقطهٔ T''' برسد ، تصویر خورشید درموضع P'''_1 خواهد بود وچون دوخط SS' و TT' متوازی هستند نتیجهٔ مشاهدات یکسان می‌شود. پس درهردو فرض چنین می‌نماید که درهر روز خورشید برسطح کرهٔ آسمان تغییر مکان می‌دهد بطوری که درظرف یك سال یك‌بار دایرة‌البروج را می‌پیماید.

امافرض دوم را بهتر می‌توان قبول کرد چه اولاً حجم خورشید ۱۳۰۰۰۰۰ برابر حجم زمین است ودرنتیجه حرکت خورشید به‌دور زمین امری نیست که قبولش آسان باشد بلکه عکسش معقولتر است.

ثانیاً ـ چنانکه بعدها خواهیم دید تمام سیارات به‌دور خورشید می‌گردند وزمین ماهم کمال مشابهت را باآنها دارد، پس دلیلی ندارد که خورشید با تمام توابعش به دور این کرهٔ کوچك ما دور بزند .

ثالثاً ـ اگر زمین را ساکن فرض کنیم ، درمورد حرکت سیارات دچار اشکالات زیاد می‌شویم که حل آنها غیر ممکن است . اما چنانکه خواهیم دید بافرض حرکت زمین به دور خورشید این حرکتهای ظاهری را بسهولت می‌توان توجیه کرد .

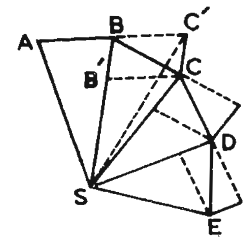
۶۶ـ قانون سطوح ـ پس از آنکه حرکت انتقالی زمین به‌دور خورشید محقق شد ، می‌توان نتیجه گرفت که :

زمین در مدت تقریباً $\frac{1}{4}$۳۶۵ شبانه‌روز یك‌دور به دورخورشید می‌گردد بطوری که شعاع حامل زمین (خط واصل بین مرکزهای زمین و خورشید) درمدت زمانهای متساوی سطوح متعادل می‌پیماید (قانون دوم کپلر،۱۶۰۹).

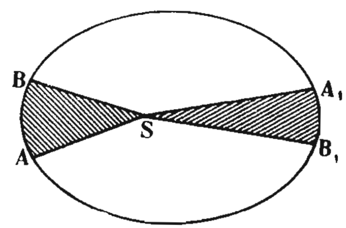
برهان ـ فرض می‌کنیم S خورشید وزمین به فاصلهٔ AS از آن واقع باشد. هرگاه زمین درمدت زمان t فاصلهٔ AB را بپیماید(شکل۴۳)، بنا بر **اصل جبر** در مکانیك ، باید درمدت t بعداز آن قطعه‌خط BC' راکه مساوی وهم‌جهت AB است طی کند. اما درمدت t به‌واسطهٔ جاذبهٔ خورشید،زمین به‌سمت نقطهٔ S کشیده می‌شود. اگر فرض کنیم که دراین مدت بقدر BB' جذب شده باشد ، موضع آن در نقطهٔ C خواهد بود. اکنون باید ثابت کنیم که مثلث ASB معادل است با مثلث BSC.چون در دومثلث ASB و BSC' دوقاعدهٔ AB و BC' متساوی ودورأس آنها بر نقطهٔ S واقعند ، این دومثلث متعادلند . ولی مثلث BSC' نیز بامثلث BSC متعادل است زیرا هردودرقاعدهٔ BS مشترکند ودورأسشان C و C'

برروی خطی‌است موازی BS . پس مثلث 'BSC با مثلث BSC معادل خواهد شد. به‌همین‌قیاس ثابت می‌شودکه‌سایرمثلثات نیزباهم‌معادلند.

حال اگرفرض‌کنیم‌که زمین درمدت t قوس AB (شکل۴۴) و درهمان مدت قوس A_1B_1 را بپیماید ، هرگاه مدت t را به n قسمت تقسیم کنیم ، هریك از دو قطاع بیضوی SAB و SA_1B_1 به n قطاع کوچکتر تقسیم می‌شود. چون n را به‌اندازهٔ کافی بزرگ اختیارکنیم



شکل ۴۳



شکل ۴۴

این‌تقسیمات به‌اندازه‌ای‌کوچك می‌شوندکه می‌توان هریك ازآنها را مثلثی‌تصورکردکه بنابراستدلال‌فوق‌باهم معادلند،وچون تعدادمثلثهای تشکیل‌دهندهٔ قطاع SAB و SA_1B_1 برابر است ، دو قطاع معادلند.

۶۷- نتیجه ــ چون باید همواره مساحت قطاع SAB معادل با مساحت SA_1B_1 باشد، وقتی‌که طول شعاع حامل A_1S از AS بزرگتر باشد ، قوس A_1B_1 ازقوس AB کوچکتر می‌گردد یعنی زمین هرچه به نقطهٔ اوج نزدیکتر شود کندترحرکت می‌کند و هرچه به حضیض نزدیکتر شود حرکتش تندتر می‌شود . حداکثرسرعت زمین دراوایل دی وحداقل‌آن در اوایل تیر است (در حضیض و اوج) .

تبصره ــ این قانون‌کلی‌است ودرمورد همهٔ سیارات واقمارآنها صدق می‌کند .

۶۸ ــ حرکت اعتدالین ــ چون طول و عرض‌آسمانی ستاره‌ها را که درقرنهای متمادی رصد شده‌اند ، با یکدیگرمقایسه‌کنیم معلوم می‌شودکه در عرضشان تغییر محسوسی پدید نیامده ولی ، بدون‌آنکه فواصل‌نسبی‌آنها تغییرفاحشی‌کرده‌باشد، برطول‌آنها افزوده‌شده‌است. ازاین‌رو نتایج زیرحاصل می‌شود :

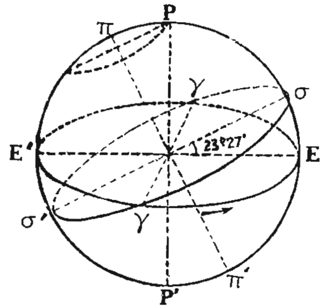
الف ــ طول ستاره‌ها پیوسته رو به ازدیاد است در صورتی‌که عرضشان ثابت می‌ماند .

ب ــ افزایش‌طول تمام ستاره‌ها یکسان وسالی ''۵۰/۲ می‌شود.

بالنتیجه باید نقطهٔ اعتدال ربیعی هم‌که مبدأ طولهاست هرسال به‌اندازهٔ ''۵۰/۲ ازمشرق‌به‌مغرب حرکت‌کند. بنابراین‌دایرةالبروج را ظرف ۲۵۹۲۵سال یا تقریباً به‌عدد تام ۲۶۰۰۰ سال یك دورخواهد پیمود . واضح است‌که نقطهٔ γ' نیز به‌متابعت γ همین حرکت‌را دارد .

این حرکت‌را **تقدیم اعتدالین**گویند. به‌واسطهٔ همین تقدیم اعتدالین است‌که نقطهٔ γ (اعتدال‌بهاری) ،که درزمان قدیم اول برج حمل‌بوده، اکنون در برج حوت است ،

۶۹ ــ رقص محور ــ علت حرکت دو نقطهٔ اعتدالین را حرکت محورمعدل‌النهاردانسته‌اندکه به‌دورمحوردایرةالبروج می‌رقصدوچون صفحهٔ معدل‌النهار (شکل ۴۵) همواره باید عمود بر محورخود 'PP باشد ، ناچاردایرهٔ معدل‌النهار نیزبه‌متابعت رقص محورخویش‌حرکتی می‌کندکه نتیجه‌اش همان حرکت دونقطهٔ اعتدالین است .

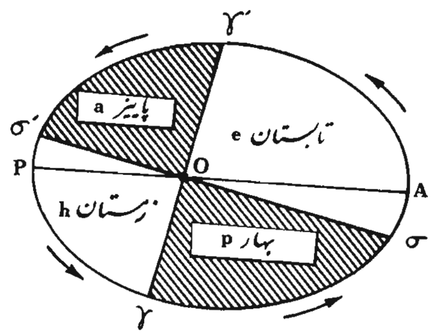


شکل ۴۵

چون دراین حرکت ، در مدت ۲۶۰۰۰ سال ، قطب P به دور قطب π دایرهٔ صغیره‌ای به موازات دایرةالبروج σ'σ طی می‌کند ، قطب P همیشه در یك نقطهٔ آسمان نخواهد بود. لذا ستارهٔ جدی‌که امروزه به‌نام ستارهٔ قطبی خوانده می‌شود همیشه سزاوار این اسم نیست و بنوبت کواکب دیگری‌که مجاور آن دایرهٔ صغیره واقعند ستارهٔ قطبی شناخته می‌شوند ، چنانکه در ۱۳۰۰۰ سال دیگر کوکب نسر واقع از صورت شلیاق ستارهٔ قطبی خواهد بود .

اختلاف فصول و شب و روز

۷۰- فصول چهارگانه و اختلاف آنها – وقتی‌که موضع چهار نقطهٔ γ و γ' و σ و σ' (اعتدالین و انقلابین) روی مدار خورشید معلوم شد ، چون آن چهار نقطه ابتدای هر یك از فصول را تعیین می‌کنند ، بسهولت می‌توان عدم تساوی مدت هر یك از فصول را استنباط کرد،



شکل ۴۶

زیرا بنابر قانون سطوح (شمارهٔ ۶۶) مدت بهار و تابستان و پاییز و زمستان باید با مساحت قطاعهای بیضوی p و e و a و h متناسب باشد. برحسب موضع کانون O و میل محور AP (A اوج و P حضیض است) بسهولت

می‌توان این نامساویها را استنباط کرد :

$$h < a < p < e$$

مدت تابستان = مدت طی‌قوس $\sigma\gamma'$ = ۹۳ روز و۱۴عت

« بهار = مدت طی قوس $\gamma\sigma$ = ۹۲ روز و۲۱عت

« پاییز = مدت طی قوس $\gamma'\sigma'$ = ۸۹ روز و۱۸عت

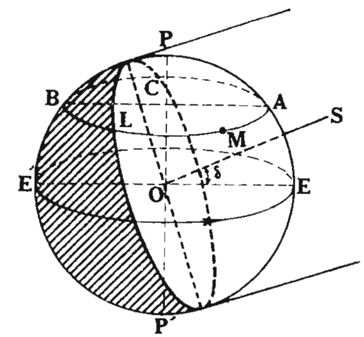
« زمستان = مدت طی قوس $\sigma'\gamma$ = ۸۹ روز و ۱ عت

۷۱- اختلاف دما – مقدار حرارتی‌که هرقسمت از سطح زمین درظرف یك‌ثانیه از آفتاب‌کسب می‌کند متناسب است با کسینوس‌زاویهٔ میان خط قائم‌آن قسمت از سطح زمین وشعاع تابش نور ونیز با مدت تابش (فیزیك ، مبحث حرارت). بنابراین هرقدر ارتفاع خورشید و مدت تابش‌آفتاب درنقطهٔ معینی زیادتر شود ، برحرارت مکتسبهٔ این قسمت نیزمی‌افزاید و دما بالاترمی‌رود. لذا درمنطقهٔ استوایی‌همواره هوا گرمتر ازسایرنقاط است. پس بطورکلی وصرف‌نظرازبعضی‌عوامل جزئی ، می‌توان‌گفت که حرارت مکتسبهٔ هرمکان با عرض جغرافیایی آن بستگی دارد ، به عبارت دیگر هرقدر از استوا دورتر شویم دما کمتر خواهدشد. بعلاوه بلندی وکوتاهی روزها نیزدراین‌مسئله‌دخالت تام دارد . بنابراین باید دمای هوا در اردیبهشت و مرداد تقریباً یکی باشد وحال‌آنکه هوا درمردادماه خیلی‌گرمترازاردیبهشت است. علت آن‌است‌که حرارت زیادی‌که ازبلندی روزها وعمودبودن شعاع تابش کسب‌کرهٔ زمین‌می‌شود متراکم می‌گرددو باعث‌می‌شودکه اوایل‌مردادماه هواگرمترباشد به‌همین‌دلیل تقریباً درهرروز۲ساعت بعدازظهرگرمتر از ۲ ساعت قبل ازظهراست .

۷۲ـ اختلاف شب و روز ـ مقدمه ـ درمرحلهٔ اول فرض می‌کنیم که‌فاصلهٔ خورشید تا زمین آن اندازه زیاد هست که بتوان اشعه‌ای را که از آن به‌زمین می‌تابد تقریباً متوازی فرض‌کرد. دراین صورت، این اشعه استوانه‌ای محیط برکرهٔ زمین تشکیل می‌دهندکه محور آن خط واصل میان مرکززمین ومرکزخورشید است. زاویهٔ میان این‌محور و صفحهٔ معدل‌النهار زاویهٔ میل (δ) خورشید است.

دایرهٔ تماس استوانه را با کرهٔ زمین، به‌ازای مقدارمعینی‌از δ، **دایرهٔ روشنایی** گوییم. این‌دایره، درهرلحظه، قسمت‌روشن‌کرهٔ زمین‌را، که درآنجا **روز** است، از قسمت تاریك آن، که درآنجا **شب** است، جدا می‌کند.

فرض‌کنیم‌که M نقطه‌ای‌ازکرهٔ زمین باشد. نقطهٔ M، در ضمن حرکت‌وضعی‌زمین، مداری‌برگرد خط‌قطبین‌می‌پیماید. وقتی‌که‌نقطهٔ M درنقطهٔ L برروی‌دایرهٔ روشنایی می‌رسد، خورشید در سطح افق نقطهٔ L است، یعنی‌طلوع‌می‌کند.



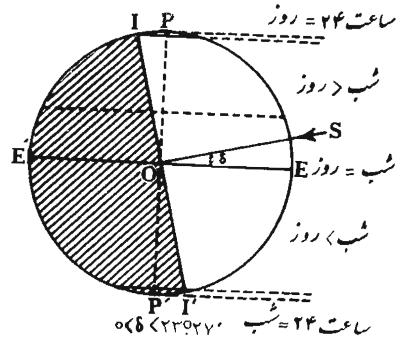
شکل ۴۷

وقتی‌که M قوس LA را می‌پیماید، خورشید درافق بالا می‌آید تا به A برسد. ازآن پس، وقتی‌که M قوس AC را می‌پیماید، خورشیدپایین می‌آید تا هنگام رسیدن M به C غروب‌کند. به‌این ترتیب نقطهٔ M **قوس روز** (LAC) را پیموده و پس ازآن **قوس شب** (CBL) را خواهد پیمود.

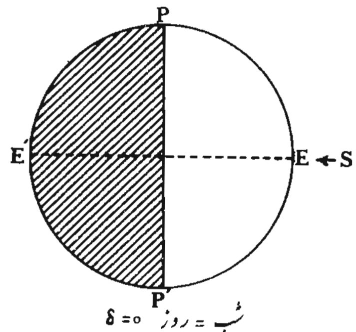
چون دوران زمین‌محسوساً یکنواخت‌است،مدت روزومدت‌شب متناسبند باطولهای قوس روز وقوس شب. درشکل۴۷ مشاهده می‌شود که طولهای این قوسها بستگی دارند به‌عرض نقطهٔ M ومیل خورشید.

اکنون زمین را درمواضع مختلف درنظر می‌گیریم :

الف) **از نقطهٔ اعتدال بهاری آغاز می‌کنیم** (شکل ۴۸) . میل خورشید صفراست؛ خورشید درسطح معدل‌النهاراست ودایرهٔ روشنایی ازقطبین می‌گذرد . بنابراین ، شب وروز برروی کرهٔ زمین ، مدتهای متساوی دارند .



شکل ۴۹



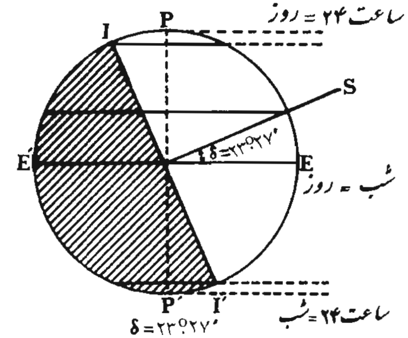
شکل ۴۸

ب) **بین اعتدال بهاری و انقلاب تابستانی**، δ از ۰ تا ۲۳°۲۷′+ افزایش می‌یابد(شکل۴۹). درنیمکرهٔ شمالی ، روزبلندتر ازشب‌است؛ با افزایش δ برمدت روز افزوده و ازمدت شب‌کاسته می‌شود. درشمال مدار(δ - ۹۰°) شمالی ، روز پیوسته است و خورشید غروب نمی‌کند .

درنیمکرهٔجنوبی، روزکوتاهتر ازشب‌است؛ با افزایش δ ازمدت روزکاسته می‌شود ؛ درجنوب مدار(δ - ۹۰°) جنوبی، شب پیوسته است

وخورشید طلوع نمی کند .

ج) در انقلاب تابستانی ، ′۲۳°۲۷ = δ (شکل۵۰) ؛ روز درنیمکرهٔشمالی به‌حداکثر بلندی و در نیمکرهٔ جنوبی به حداقل بلندی‌خودمی‌رسد.درتمام‌قسمتهای عرقچین شمالی (′۶۶°۳۳ = φ) پیوسته روز است و در عرقچین جنوبی پیوسته شب است .



شکل ۵۰

د) **از انقلاب تابستانی تا اعتدال پاییزی** ، δ از ′۲۷ °۲۳ تا ۰ کاسته می‌شود. روز درنیمکرهٔ شمالی بلندترازشب ودرنیمکرهٔ جنوبی کوتاهترازشب است(شکل۴۹). اما باکاهش δ ، مدت روزها درنیمکرهٔ شمالی‌کاهش ودرنیمکرهٔ جنوبی افزایش می‌یابد .

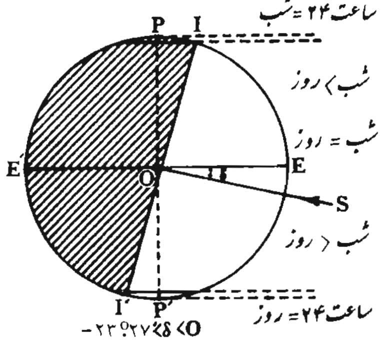
ه) **در اعتدال پاییزی** ، ۰=δ . اوضاع شکل۴۸ تکرارمی‌شود : تساوی مدت روز ومدت شب درتمام نقاط زمین .

و) **از اعتدال پاییزی تا انقلاب زمستانی** ، δ از ۰ تا ′۲۷ °۲۳− کاسته می‌شود. درنیمکرهٔ شمالی، روزکوتاهتر ازشب است و رفته‌رفته کوتاهتر می‌شود (شکل۵۱ ـ الف) ؛ در شمال مدار(δ+۹۰°) شمالی ، پیوسته شب است .

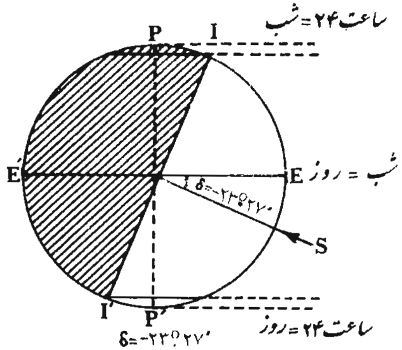
درنیمکرهٔ جنوبی ، روز بلندتر ازشب است و رفته‌رفته بلندتر می‌شود ؛ درجنوب مدار(δ+۹۰°) جنوبی ، پیوسته روز است .

ز) **در انقلاب زمستانی** ، ′۲۳°۲۷− =δ . روز در نیمکرهٔ شمالی

به حداقل بلندی و درنیمکرهٔ جنوبی به حداکثر بلندی‌خودمی‌رسد. در تمام عرقچین شمالی پیوسته شب است و در عرقچین‌جنوبی‌پیوسته روز است (شکل ۵۱ ـ ب).



شکل ۵۱ ـ الف

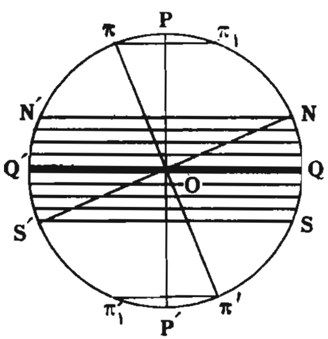


شکل ۵۱ ـ ب

ح) **از انقلاب زمستانی تا اعتدال بهاری** ، δ از ′۲۷ °۲۳ ـ تا ۰ افزایش‌می‌یابد . روز، درنیمکرهٔ شمالی ، در عین‌آنکه‌کوتاهترازشب است ، بلند می‌شود ؛ و درنیمکرهٔ جنوبی ، درعین‌آنکه بلندترازشب است ، کوتاه می‌شود (شکل۵۱ـالف) .

۷۳ـ مدارات مشخصه به واسطهٔ دایرةالبروج ـ اولا مدارات سماوی ـ

فرض می‌کنیم‌که‌کرهٔ آسمان‌را برصفحهٔ نصف‌النهاری‌که‌هم‌شامل‌محورمعدل‌النهار PP' وهم‌شامل محور دایرةالبروج $\pi\pi'$ است تصویرکرده باشیم (شکل۵۲).پس تصویردایرةالبروج عبارت ازقطر NS'

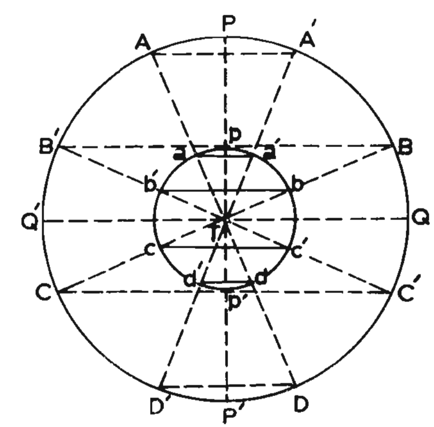


شکل ۵۲

عمود برمحور 'ππ و تصویر معدل‌النهار قطر 'QQ عمودبر محور 'PP می‌شود .

الف – دو مدار سماوی 'AA و 'DD (شکل ۵۳) راکه نظیر به نظیر بردوقطب‌دایرة‌البروج‌می‌گذرندمدارقطب‌شمالی‌ومدارقطب‌جنوبی گویند، بعدقطبی‌این دومدار درست برابر همان میل‌دایرة‌البروج‌است که ′۲۷°۲۳ است و میلش برابر است با : ′۳۳°۶۶+ و ′۳۳°۶۶−

ب– دو مدار سماوی 'BB و 'CC راکه نظیر بنظیر بر دونقطهٔ انقلابین B وC می‌گذرند بترتیب مدار رأس‌السرطان ومداررأس‌الجدی‌نامند. پس‌میل‌مداررأس‌السرطان ′۲۷°۲۳+ و میل‌مدار رأس‌الجدی ′۲۷°۲۳− است .



شکل ۵۳

ثانیا مدارات ارضی – فرض کنید که مرکز زمین برمرکزکرهٔ آسمان‌منطبق‌باشد ومخروطهایی تصور کنید که رأسشان در T و قواعدشان دومدار قطبی یا دومدار انقلابین باشند (شکل ۵۳) . این مخروطهاسطح زمین را درمداراتی‌قطع‌می‌کنندکه به‌اسم‌مدارنظیرشان ازکرهٔ سماوی نامیده‌می‌شوند. چنانکه درروی زمین دومدارقطبی 'aa و 'dd به‌فاصلهٔ ′۲۷°۲۳ازقطبین واقعند و نیز دومدارانقلابین 'bb و 'cc هریك ′۲۷°۲۳ از خط استوا فاصله دارند .

۷۴– تقسیم زمین به‌پنج منطقه – چهار مدار ارضی ، سطح کرهٔ زمین‌را به‌پنج منطقه، به‌نامهای‌زیر قسمت می‌کنند(بترتیب‌از بالا به پایین) :

منطقهٔ منجمدهٔ شمالی، منطقهٔ‌معتدلهٔ شمالی، منطقهٔ‌حاره،منطقهٔ معتدلهٔ جنوبی ، منطقهٔ منجمدهٔ جنوبی .

فصل ششم

زمان

۷۵ـ شبانه‌روز نجومی‌وشمسی ـ شبانه‌روز نجومی مدت‌زمانی است‌که مابین دوعبورمتوالی ستارهٔ ثابتی بر نصف‌النهار یك‌مکان‌منقضی می‌شود .

شبانه‌روزشمسی‌مدت‌زمانی‌است‌که مابین‌دوعبورمتوالی خورشید ازنصف‌النهارمعینی فاصله می‌شود .

مدت‌شبانه‌روز شمسی‌متغیر واندکی بلندتر ازشبانه‌روز نجومی است زیرا، هرگاه خورشید به‌اتفاق ستارهٔ ثابتی‌ازنصف‌النهاری‌بگذرد، فرداقریب ۴دقیقه‌دیرتر ازآن ستاره‌ازهمان نصف‌النهارخواهدگذشت (شمارهٔ۴۷) وبعداز۹۰روزبقدر ۴ × ۹۰ دقیقه‌یا۶ساعت دیرترمی‌گذرد. به‌همین جهت‌است‌که‌منظرهٔ‌آسمان درشبهای مختلف سال‌تغییرمی‌کند.

مبدأشبانه‌روزنجومی‌وقتی‌است‌که نقطهٔ γ به‌نصف‌النهارمی‌گذرد.

چون شبانه‌روزهای شمسی با یکدیگر متفاوتند وتفاوت‌آنهاهم مقدار ثابتی نیست ، هیچ ساعتی نمی‌تواند دقیقاً با این دستگاه زمانی مطابقت کند. لذا یك قسم شبانه‌روز دیگر رامقیاس‌زمان‌گرفته‌اندکه هم‌کمال نزدیکی با شبانه‌روزشمسی دارد وهم مدتش ثابت‌است وآن‌را

شبانه‌روز شمسی وَسَطیْ یا **متوسط** نامیده‌اند .

هر یك از این سه‌نوع شبانه‌روز را به ۲۴ ساعت و هرساعت را به ۶۰ دقیقه‌وهردقیقه را به ۶۰ ثانیه قسمت نموده وبه‌آخرآنهاکلمهٔ نجومی یاشمسی یاشمسی متوسط (وَسَطیْ) را اضافه می‌کنند .

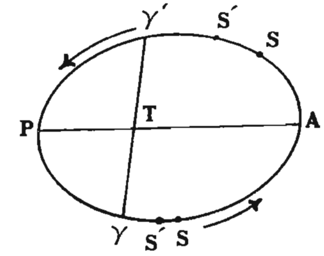
ستاره‌شناسان ، برای تعیین زمان ، شبانه روز نجومی یا شمسی متوسط را استعمال می‌کنند ، ولی عامهٔ مردم واحد زمان را شبانه‌روز شمسی حقیقی یا متوسط می‌گیرند .

۷۶ـ قاچهای ساعتی ـ هرگاه تمام‌سطح‌کرهٔ زمین رابه۲۴قاچ مساوی قسمت‌کنیم ، زاویهٔ هرقاچ ۱۵ درجه می‌شود و هریك از آنها درست در مدت یك‌ساعت از مقابل خورشید می‌گذرد و به همین جهت آنها را قاچهای ساعتی گویند .

ساعت قانونی ـ بنا برتصویب‌کنگرهٔ بین‌المللی‌که‌درسال ۱۹۲۵ میلادی درلندن منعقد شد ، مبدأ شبانه‌روز را نیمه‌شب‌گرینویچ قرار دادند . لذا اولین قاچ ساعتی ، قاچ ۱۵ درجه‌ای است که نصف‌النهار گرینویچ از وسط‌آن عبور می‌کند. دراین‌کنگره مقرر شدکه ، برای رفع‌اختلاف‌ساعات، نقاط واقع درداخل‌قاچهای ساعتی‌ساعاتشان‌یکسان باشد.لذاآن را ساعت قانونی‌نامیده‌اند.چنانکه‌ساعت‌قانونی‌هرنقطه‌ای ازکشور ما ایران مطابق ساعت تهران است درحالی که ساعات حقیقی خود آن نقاط ممکن است تا یك ساعت هم با یکدیگراختلاف‌داشته باشند .

۷۷ـ شرح شبانه‌روز شمسی متوسط ـ فرض‌می‌کنیم $\gamma A \gamma' P$ (شکل ۵۴) مداری باشد که خورشید S بر روی آن حرکت می‌کند .

حال خورشید دیگری مانند 'S در نظر می‌گیریم که بر روی همان‌مدار، اما با سرعت زاویه‌ای ثابت، متحرك باشدودر نقاط اعتدالین برخورشید واقعی منطبق شود.



شکل ۵۴

خورشید موهومی 'S اختلافی راکه موجب عدم تساوی شبانه ـ روزهای شمسی است مرتفع می‌کند. به عبارت دیگر، نامساوی بودن سرعت زاویه‌ای خورشید راکه باعث عدم تساوی شبانه روزهای‌حقیقی است تعدیل می‌کند. حال باید اختلافی را که از تمایل‌دایرة‌البروج با معدل‌النهارحاصل می‌شود مرتفع سازیم. برای این منظورخورشید موهومی‌دیگری‌در نظر می‌گیریم(خورشید متوسط) که با همان‌سرعت متشابه خورشیدموهومی اول ولی‌به‌جای دایرة‌البروج‌همواره برروی معدل‌النهار سیرکند، و درهمان لحظه که اولی به نقطهٔ‌اعتدال بهاری می‌گذرد دومی‌نیزازآ نجابگذرد. واضح است‌که این خورشید متوسط درفاصله‌های زمانی متساوی از نصف‌النهار خواهدگذشت. هریك‌ازاین فواصل زمانی همان شبانه‌روز متوسط‌است‌که درشمارهٔ ۷۵گفتیم. کلیهٔ زمانهایی راکه از این رو نتیجه می‌شود زمان متوسط‌گوییم. مثلاظهر حقیقی وقتی‌است‌که خورشید حقیقی‌از نصف‌النهاربگذرد،وظهرمتوسط وقتی است که خورشید متوسط از نصف‌النهار بگذرد. با آنکه این خورشید متوسط موهومی‌است، می‌توان لحظهٔ عبورآن‌رابه‌نصف‌النهار بدقت حساب‌کرد.

۷۸ـ سال‌ـ وقتی‌که فاصلهٔ زمانی نسبتاً زیادباشد واحددیگری

بکار می‌برندکه آن را سال‌گویند.

سال چند قسم است که از جملهٔ آنها سال شمسی‌اعتدالی است. این سال مدت زمانی است که میان دو عبور متوالی خورشید به‌نقطهٔ اعتدال‌بهاری منقضی‌می‌شود، واندازهٔ‌آن۳۶۵٫۲۴۲۲شبانه‌روزمتوسط یا ۳۶۶٫۲۴۲۲ شبانه‌روز نجومی است.

۷۹ـ رابطهٔ شبانه‌روز نجومی باشبانه روز شمسی‌متوسط.ـ چنانکه در شمارهٔ ۴۷ گفته شد، خورشید در مدت یك سال، یك دور کمتر از کوکب‌ثابتی به دور زمین می‌گردد. بنابراین یك‌سال اعتدالی ۳۶۶٫۲۴۲۲ شبانه روز نجومی است ولذا این رابطه حاصل می‌شود:

۱ سال اعتدالی = ۳۶۶٫۲۴۲۲ روزنجومی = ۳۶۵٫۲۴۲۲ روزمتوسط = ۳۶۵ روزمتوسط ۵ عت ۴۸ قه ۴۶ نیه متوسط

پس: ۱ روزنجومی = $\frac{۳۶۵٫۲۴۲۲}{۳۶۶٫۲۴۲۲}$ روزمتوسط = ۱ روزمتوسط − ۳ قه ۵۵٫۹۱ نیه

۱ روزمتوسط = $\frac{۳۶۶٫۲۴۲۲}{۳۶۵٫۲۴۲۲}$ روزنجومی = ۱ روزنجومی + ۳ قه ۵۶٫۵۵ نیه

بنا بر این مقدار روز متوسط‌از روی مقدار روز نجومی بدست می‌آید و بعکس.

وقتی که ساعت نجومی ۲۴ عت ۳ قه ۵۶٫۵۵ نیه را نشان می‌دهد، ساعت متوسط باید ۲۴ ساعت تمام را بنماید.

۸۰ ـ تقویم قیصری ـ ۴۵ سال قبل ازمیلاد مسیح سوزیژن[1] نام، منجم مصری ، به حکم ژول سزار قیصرروم ، تقویمی به‌اسم‌تقویم قیصری برای سالهای شمسی ترتیب داد. وی‌مدت یك‌سال‌اعتدالی را ۳۶۵/۲۵روزگرفت،وبرای‌آنکه‌سال‌رسمی‌شامل[2] عددصحیحی ازشبانه‌روزباشد ، قرار گذاردکه در هرچهار سال ، سه سال را درست ۳۶۵روز وسال چهارم را ۳۶۶ روز گیرند ، تا کسر ۰/۲۵ روزجبران‌شود،وآن یك روز را به ماه فوریه بیفزایند و آن سال را **کبیسه**[3] گویند .

۸۱ـ تعدیل گرگوار ـ می دانیم که سال قیصری (۳۶۵/۲۵ شبانه‌روز) به اندازهٔ ۰/۰۰۷۸ شبانه‌روز بلندتر ازسال شمسی‌اعتدالی (۳۶۵/۲۴۲۲ شبانه‌روز) است . به این ترتیب ، پس از مدتی مبدأ سال چند روز عقب افتاد. این‌بود که گرگوار سیزدهم بامشورت بعضی منجمین قرار داد که مانند سابق هر چهار سال ، یك سال‌کبیسه باشد، اما در حقیقت‌چون سال شمسی اعتدالی معادل ۳۶۵ روز و ۵ ساعت و ۴۸ دقیقه و ۴۶ ثانیه است، پس از چهار سال‌کسوری‌که متراکم شده است چنین خواهد شد :

عت قه نیه   عت قه نیه

۴×(۵ ۴۸ ۴۶)=۲۳ ۱۵ ۴

که بقدر ۴۴ دقیقه و۵۶ ثانیه از یك شبانه‌روزکمتر است. پس‌اگرسال

۱ـ Sosigène

۲ ـ سال رسمی مدت زمانی است‌که هم‌کمال نزدیکی را با سال حقیقی داشته باشد و هم عدهٔ ایامش عدد صحیح باشد .

۳ ـ کبیسه از کبس ، به معنی پرکردن و انباشتن گرفته شده است .

چهارم را۳۶۶ روز بگیریم، در هرچهار سال ۴۴ دقیقه و۵۶ثانیه‌زیاده ازاندازهٔحقیقی خود حساب‌کرده‌ایم. چون ۴۰۰سال‌بدین‌منوال‌حساب شود (یعنی درهرچهار سال ، یك سال راکبیسه بگیریم)،مدتی‌که زیاد حساب شده است چنین خواهد شد :

قه نیه   روز عت قه

$\dfrac{۴۰۰ \times (۴۴ + ۵۶)}{۴} = ۳ \quad ۲ \quad ۵۳$

برای تعدیل وجبران این مقدار اضافی ، هریك ازاین سه‌روز را در رأس هر سده‌کسر می‌کنیم ، ولذا سال‌صدم و دویستم وسیصدم را همان۳۶۵روز محسوب می‌داریم وسال چهارصدم را کبیسه می‌گیریم . این مطلب را بطور اختصار می‌توان چنین بیان‌کرد :

در سالهای رسمی باید درهرچهار سال ، یك سال‌راکبیسه‌گرفت جز سال آخر هرسده‌که کبیسه نمی‌شودمگر سده‌هایی‌که پس‌ازحذف دو صفر قابل قسمت برچهار باشند ، مثل ۴۰۰ و ۸۰۰ و ۱۲۰۰ و...

۸۲ ـ سنهٔ هجری و سنهٔ مسیحی ـ میان‌مسلمانان‌دونوع‌تاریخ معمول است، یکی قمری‌که بعدهاگفته خواهد شد ، و دیگری‌شمسی. مبدأ آنها اززمانی است‌که‌حضرت رسول (ص) از مکه‌به‌مدینه‌هجرت فرمودند و این تاریخ را هجری‌گویند .

سنهٔ مسیحیان شمسی‌ومبدأ آن ازابتدای‌تولدحضرت‌مسیح (ع) است .

۸۳ ـ تقویم جلالی ـ چنانکه می‌دانیم یك سال‌شمسی‌اعتدالی ۳۶۵ روز و ۵ ساعت و ۴۸ دقیقه و ۴۶ ثانیه است . اگر هرچهارسال ،

يك سال را كبيسه بگيرند، كسورى‌كه درمدت ۳۲ سال زياده ازمقدار حقيقى خود حساب مى‌شود چنين خواهد بود :

نیه قه عت   نیه قه

$$\frac{(۴۴ + ۵۶) \times ۳۲}{۴} = ۵\quad ۵۹\quad ۲۸$$

حكيم عاليمقام ما عمرخيام به حكم سلطان جلال‌الدين‌ملكشاه سلجوقى درسال ۴۷۱ هجرى قمرى چنين تعديل‌كرد كه براى‌جبران مقدار اضافى ، سال سى و دوم را همان ۳۶۵ روز حساب‌كنند و سال سى و سوم را كبيسه بگيرند و به همين ترتيب در هرسى‌وسه‌سال‌اين دوره را تجديدكنند .

تمرين ـ تعديل گرگوار را با تعديل عمرخيام مقايسه كنيد و امتياز يكى را بر ديگرى تعيين نماييد .

۸۴ـ تقويم قانونىـ سال‌شمسى‌را به دوازده جزء قسمت‌كرده و هر يك را ماه شمسى يا خورشيدى ناميده‌اند .

تقسيم‌بندى سال به‌ماه بسيارقديمى است و هريك‌ازملل‌متمدن در هر زمانى ترتيب خاصى براى اين كار اتخاذ كرده است . همچنين يك روز اضافى سالى راكه كبيسه مى‌شود به‌آخر يكى از ماهها ملحق مى‌كنند .

در ايران ماههاى شمسى عبارتند از : فروردين ، ارديبهشت ، خرداد ، تير، مرداد ، شهريور، مهر، آبان ، آذر ، دى،بهمن واسفند.

برطبق تصويب مجلس شوراى ملى ، شش ماه اول سال هر يك ۳۱ روز و پنج ماه بعد هريك ۳۰ روز و ماه آخر در صورتى‌كه‌كبيسه

باشد ۳۰ روز و الاّ ۲۹ روزگرفته مى‌شود .

۸۵ ـ سال نجومى ـ بنا بر تعريف (شمارهٔ ۷۸) سال اعتدالى مدتى‌است‌كه مابين‌دوعبور متوالى‌خورشيد (يا زمين)به‌نقطهٔ γ منقضى مى‌گردد. اما چون‌اين‌نقطه خود حركتى ازمشرق به‌مغرب‌دارد(شمارهٔ ۶۸) ، قبل از آنكه خورشيد ۳۶۰ درجه از مدار خود را طى كند ، به نقطهٔ γ خواهد رسيد و از اينجا نوع ديگر از سال‌بنظرمى‌رسدكه آن راسال‌نجومى‌گويندوآن‌مدت‌دوعبور متوالى‌خورشيد است‌ازمقابل ستاره‌اى ثابت . بنابراين تعريف،اگر واحد زمان را سال‌اعتدالى‌قرار دهيم ، مدت يك‌سال نجومى چنين مى‌شود :

$$\text{(سال اعتدالی)}\ ۱/۰۰۰۰۳۸۸ = \frac{۳۶۰}{۳۶۰^{\circ} - ۵۰''/۲} = ۱\ \text{(سال نجومی)}$$

كه برابر است با ۳۶۵/۲۵۶۳۷ شبانه‌روز شمسى متوسط .

فصل هفتم

ماه

حركات ماه

٨٦- مشاهدهٔ ماه باچشم - ماه جسمی است كدر و كروی كه بخودی خود تاريك است ولی از خورشيدكسب نور می‌كند .

ماه را می‌توان ، چه در روز و چه درشب ، باچشم مشاهده كرد .

فاصله‌اش از زمين‌كمتر ازفاصلهٔ خورشيداست، زيرا درموقع‌كسوف بين زمين و خورشيد واقع می‌شود .

تغييرات متوالی راكه درمنظرهٔ ماه عارض می‌شود **اَهِلّهٔ قمر** می‌گويند كه با چشم غير مسلح قابل مشاهده است.

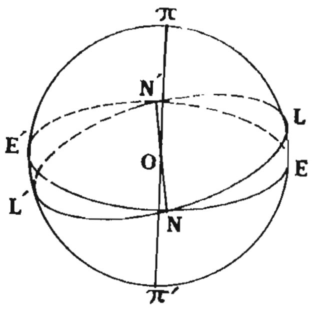
تمام اين تغييرات متناوباً ، در هر ٢٩ روز و نيم ، يك بارصورت می‌گيرد. اين مدت را يك **ماه‌قمری** گويند.

٨٧ - قطرظاهری ماه- هرگاه قطر ظاهری ماه را چند بار ، به‌هنگام‌عبورش از نصف‌النهار، رصدكنيم، معلوم می‌شودكه‌همواره‌دارای مقدار ثابتی نيست‌بلكه‌تغييرپذيراست. مقدارمتوسط اين‌قطر ٣١′ ٢٦″ است. چون‌تغييرات قطرظاهری **به‌نسبت‌عكس‌فاصلهٔ‌آن از زمين‌است،**

معلوم می‌شودكه فاصلهٔ زمين از ماه تغييرپذير است (مانند آفتاب) .

٨٨- حركت ظاهری ماه - چون بعد وميل ماه را درمدت يك ماه قمری تعيين‌كنيم وآن را روی يك‌كرهٔ سماوی نمايش دهيم،معلوم خواهد شدكه :

اولاً- ماه دايرهٔ‌عظيمهٔ LL'(شكل٥٥)راكه‌نسبت‌به‌دايرةالبروج EE'قريب ٥°٩′ مايل است، طی‌می‌كند. بنابراين‌هرگاه زمين‌را درنقطهٔO ثابت فرض‌كنيم ، ماه برروی محيطی‌متحرك است‌كه سطحش‌برمركز زمين می‌گذرد.



شكل ٥٥

ثانياً - ماه در جهت مستقيم (از مغرب به‌مشرق) به‌دور زمين می‌گردد.

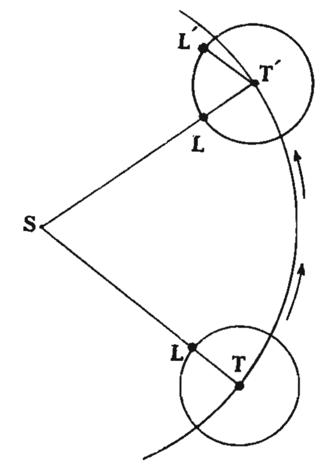
ثالثاً- عرض‌ماه بطورمتوسط مابين ٥°٩′- و ٥°٩′+ تغييرمی‌يابد.

بنابراين مدار ماه با دايرةالبروج در دونقطهٔ N و N' متقاطع می‌شود كه‌آنها را **عقدتين ماه** وخط NN'را **خط عقدتين** می‌نامند. نقطهٔ N را ،كه چون ماه پس‌ازعبور ازآن، وارد نيمكرهٔ شمالی دايرةالبروج می‌شود ، **عقدهٔ رأس** و نقطهٔ N' را ،كه ماه پس از عبور ازآنجا وارد نيمكرهٔ جنوبی می‌شود ، **عقدهٔ ذَنَبْ** گويند . اين دونقطه به دو نقطهٔ اعتدالين شبيهند وبه‌همان نحو تعيين می‌شوند .

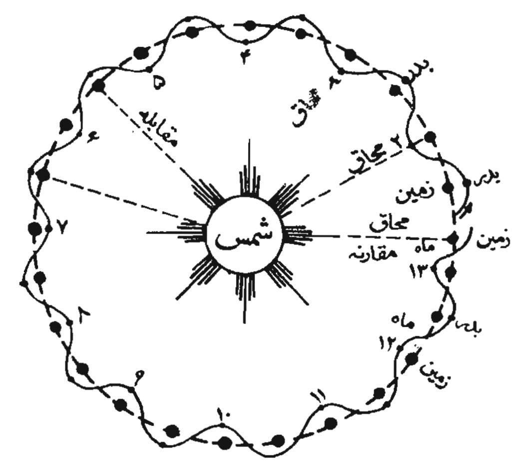
٨٩- شكل مدار ماه - هرگاه موافق‌شمارهٔ ٥٦ نسبت به‌ماه عمل كنيم ، معلوم خواهد شدكه مدار ماه بيضيی است‌كه خروج ازمركزش تقريباً $\frac{1}{18}$ وزمين دريكی ازدوكانون‌آن واقع‌است. وچون برطبق‌شمارهٔ

۶۶استدلال کنیم،معلوم‌خواهدشدکه‌قانون‌سطوح‌در بارهٔ‌ماه‌نیز صادق‌است.

حرکت‌ماه به‌دورخورشیدــ زمین T (شکل ۵۶) در یك سال مدار بیضی‌شکلی به‌دورخورشید می‌پیماید وقمر L درظرف یك‌ماه هلالی، یك بیضی به‌کانون T به‌دور زمین طی می‌کند. پس‌حرکت ماه به‌دور آفتاب ترکیب این دوحرکت است ، و چون درمدت یك سال این دو حرکت ترکیب شوند منحنی مضرسی تشکیل خواهد شد (شکل ۵۷).



شکل ۵۶



شکل ۵۷

۹۰ــ تعاریف ــ هرگاه طولهای آسمانی دو ستاره با یکدیگر مساوی شوند،گویندکه‌آن دوستاره در**مقارنه** یا **اقترانند** . مثلاماه،در

ضمن حرکتش به‌دور زمین،متناوباً ازمقابل‌هرستاره مانند A می‌گذرد، وبنابراین زمانی هست‌که طولهای‌آسمانی ماه وستارهٔ A مساوی‌شوند. درآن موقع‌گویندکه ماه با ستارهٔ A درمقارنه است ؛ وهرگاه اختلاف طول آنها 180° باشد ،گویند در **مقابله**اند.

ازاین‌رو برای حرکت ماه به دور زمین ، برحسب آنکه نقطهٔ نشانهٔ A ستارهٔ ثابت یا نقطهٔ اعتدال یا خورشید باشد، دوره‌های چندی می‌توان تشخیص داد .

الف‌ـ دورهٔ نجومی‌ماه، زمان منقضی مابین دو اقتران‌متوالی آن است با یك ستارهٔ ثابت ، یا مدت طی یك دورهٔ ۳۶۰ درجه.

ب‌ـ دورهٔ اعتدالی ماه ، زمان منقضی‌مابین دو اقتران متوالی آن است با نقطهٔ اعتدال .

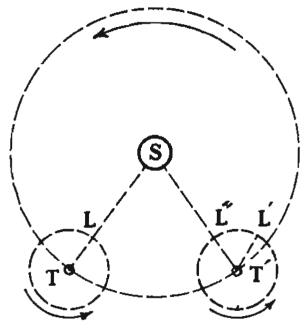
ج‌ـ دورهٔ هلالی‌ماه، زمان منقضی مابین دواقتران متوالی‌آن است با خورشید .

۹۱ ــ ۱ ــ تعیین‌دوره‌های هلالی و نجومی ــ برای تعیین دورهٔ هلالی ماه ساعت دوکسوف(گرفتن‌خورشید)راکه‌چند دورهٔ هلالی مابین‌آنها منقضی شده‌است بدقت تعیین می‌کنیم وچنانکه بعدخواهیم دید، تمام‌کسوفهاهمواره درموقع‌مقارنهٔ خورشید وماه واقع‌می‌شوند و چون فاصلهٔ‌زمانی‌راکه مابین‌این‌دوکسوف منقضی‌شده‌است بر عدهٔ‌هلالها تقسیم‌کنیم ، مدت متوسط یك دورهٔ هلالی چنین بدست می‌آید :

۲۹٫۵۳۰۵۸۹ روز

یا ۲۹ روز و۱۲ ساعت و۴۴ دقیقه و۳ ثانیه

۲ ــ دورهٔ نجومی ماه را می‌توان از روی دورهٔ هلالی‌آن چنین



شکل ۵۸

بدست آورد : فرض می‌کنیم S خورشید و T زمین و L (شکل ۵۸) ماه باشد (سایر توجیهات شکل با دانش‌آموزان است) . می‌دانیم که قطاعهای طی‌شده به واسطهٔ شعاع حامل TL متناسبند با زمانهای نظیر آنها (قانون سطوح ، شمارهٔ ۶۶)

پس داریم :

$$\frac{۳۶۰}{t}=\frac{۳۶۰+\widehat{L'T'L''}}{\tau}$$

(t مدت یك دورهٔ نجومی ماه ، و τ یك دورهٔ هلالی آن است).

حال برای تعیین زاویهٔ $L'T'L''=TST'$، مدت دورهٔ نجومی زمین را بنظر می‌آوریم که درزمان T انجام می‌یابد واز آنجا داریم :

$$\frac{TST'}{\tau}=\frac{۳۶۰}{T} \quad \text{یا} \quad \frac{L'T'L''}{\tau} \quad \text{پس:} \quad \frac{۳۶۰}{t}=\frac{۳۶۰}{\tau}+\frac{۳۶۰}{T}$$

و پس از اختصار:

$$\frac{۱}{t}=\frac{۱}{\tau}+\frac{۱}{T}$$

و چون در این دستور به جای T مقدارش ۳۶۵/۲۵ روز و به جای τ معادلش ۲۹/۵۳ روز را قرار دهیم ، چنین بدست می‌آید :

	روز	ساعت	دقیقه
t = ۲۷/۳۲ روز =	۲۷	۷	۴۳

یعنی ماه یك دورهٔ ۳۶۰ درجه‌ای را در ۲۷/۳۲ روز طی می‌کند، وچون ۳۶۰ را بر این عدد قسمت کنیم، حد متوسط سرعت زاویه‌ای آن، به ازای هر شبانه‌روز ، ″۳۵′۱۰°۱۳ بدست می‌آید . پس حرکت ماه ۱۳ بار سریعتر از حرکت خورشید است .

۹۲- حرکت وضعی ماه - مانند سایر اجرام سماوی ، ماه با حرکتی یکنواخت به‌دور خود می‌گردد . سرعت دوران درست برابر است با سرعت زاویه‌ای متوسط حرکت انتقالی آن .

درحقیقت کلف یا لکه‌های چندی بر روی قرص ماه مشاهده می‌شود که شکل ووضع آنها نسبت به‌مرکز قرص مطلقاً ثابت و تغییر ناپذیر ند، پس معلوم می‌شود که همیشه یك نیمکرهٔ آن مواجه ما می‌باشد، مانند آتشگردانی که به‌دور دست‌گرداننده‌ای می‌چرخد و همیشه دهانه‌اش مقابل دست اوست .

۹۳ - فاصلهٔ ماه از زمین - چنانکه در شمارهٔ ۵۸ گفته شد ، می‌توان اختلاف منظر افقی ماه را بدست آورد، وچون مطابق همان دستور رفتار کنیم ، این مقدار از ′۵۳ تا ′۶۱ بدست می‌آید .

حال چون بطریقی مشابه آنچه در تعیین فاصلهٔ آفتاب عمل کردیم (شمارهٔ ۵۹)، فاصلهٔ ماه را استخراج کنیم، بطور متوسط ۶۰/۲۶۵ برابر شعاع زمین خواهد شد ، پس گوییم فاصلهٔ ماه از زمین با عدد صحیح، قریب r ۶۰ است .

۹۴- ابعاد ماه- نصف قطر ظاهری ماه از کرهٔ زمین بطور متوسط ″۱۵′۴۳ یا ″۹۴۳ دیده می‌شود و نصف قطر ظاهری زمین از ماه (اختلاف منظر افقی) ′۵۷ یا ″۳۴۲۰ رؤیت می‌گردد. پس اگر فرض کنیم r شعاع زمین و x شعاع ماه باشد ، داریم :

$$\frac{x}{r}=\frac{۹۴۳}{۳۴۲۰}=۰/۲۷$$

پس با تقریب جزئی می‌توان گفت که شعاع ماه تقریباً $\frac{۳}{۱۱}$ شعاع زمین است .

بنابراین نسبت سطح این دو کره برابر $\frac{۳^۲}{۱۱^۲}$ یا تقریباً $\frac{۱}{۱۳}$ است و نسبت حجمشان مساوی $\frac{۳^۳}{۱۱^۳}$ یا تقریباً $\frac{۱}{۵۰}$ است، و جرمش $\frac{۱}{۸۱}$ جرم زمین است .

۹۵ ـ اوضاع طبیعی ماه ـ چون قرص ماه را در هنگامی که تمامش روشن است بادوربین قوی مشاهده کنیم ، کلفهای حلقوی فراوان برسطح آن خواهیم دیدکه محیطشان همه‌جا روشن است. ولی هرگاه هنگامی که نصفش روشن است به آن نگاه کنیم، چنین بنظر می‌آیدکه قسمت مستنیرش پوشیده ازغارهایی است که به‌جدارهای مستدیری محدودگشته وسایهٔ آنها درجهت مقابل خورشید تصویرشده است . تصور می‌رود که این غارها آتشفشانهای مرتفعی بوده‌اندکه قسمت علیایشان به‌دهانه‌های عریض و مستدیری منتهی شده‌است . قطر این دهانه‌ها تا۲۵۰ کیلومتر می‌رسد و عمق آنها ازارتفاع خارجی که‌ازسطح قمرحاصل می‌کنداغلب از ۷ الی ۸ هزار متر متجاوز می‌شود .

۹۶ـ فقدان هوا و آب در کرهٔ ماه ـ درماه هوا (جوّ) ، ودر نتیجه‌آب ، به‌دلایل‌زیر وجود ندارد و اگر هم جوی‌وجود داشته‌باشد بسیار رقیق است :

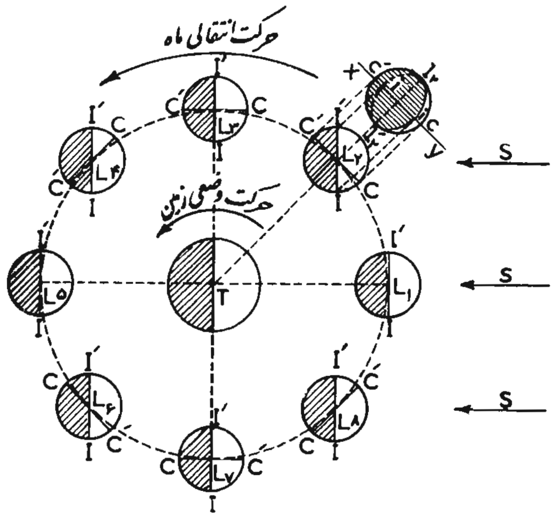
الف) وقتی‌که ماه ازمقابل ستاره‌ای می‌گذرد ، آن ستاره پنهان وناگهان دوباره ظاهر می‌شود، بدون آنکه کمترین تغییری، به‌علت پدیدهٔ انکسارکه لازمهٔ وجود جو است ، در درخشندگی نور آن پدید آید.

ب) دایرهٔ روشنایی بطور وضوح نیمکره‌های روشن‌وتاریک‌رااز هم جدا می‌کند، بدون آنکه منطقهٔ‌سایه‌و نیمسایه‌ای‌وجود داشته باشد.

ج) تمام قسمتهای‌قرص ماه، بمحض آنکه‌روشن‌می‌شوند،همیشه با همان‌وضوح جلوه می‌کنند بدون‌آنکه هرگز ابری آنها راپپوشاند یا پنهان سازد .

۹۷ ـ توجیه اهلهٔ قمر و تناوب آن ـ هلال ماه درهرلحظه، از روی‌فاصلهٔ‌زاویه‌ای‌آن نسبت به‌خورشیدمعین می‌شود. عملامی‌توان به‌جای فاصلهٔ زاویه‌ای اختلاف‌طول‌آسمانی ماه و خورشید را درنظر گرفت . پس دورهٔ تناوب هلال ماه مدت زمانی است‌که مقدار اختلاف طولهای خورشید و ماه از صفر درجه تا °۳۶۰ تغییر کند .

حال فرض می‌کنیم‌که صفحهٔ شکل ۵۹ دایرةالبروج، **T** مرکز زمین ، **S** جهت تابش‌شعاع‌خورشید ، **L** تصویرمرکز ماه ، دایرهٔ‌مدار ماه بردایرةالبروج‌منطبق، زمین‌درجای‌خود ثابت و λ اختلاف‌طولهای خورشید و ماه باشد .



شکل ۵۹ ـ نمایش اهلهٔ قمر

۱ ـ به‌ازای $\lambda = 0$ که‌ماه به وضع L_1 واقع‌می‌شود، ماه‌درمقارنه است وقریب ظهر از نصف‌النهارمی‌گذرد و نیمکرهٔ‌مرئیش[1] کاملا تاریك و برای‌ما نامرئی‌است. دراین‌حال‌می‌گویند که‌ماه‌در **محاق** یا **تحت‌الشعاع** است . این حالت اواخر هرماه قمری واقع می‌شود .

۲ ـ به‌ازای $\lambda = 180^\circ$ که ماه به وضع L_5 واقع می‌شود، مقابله رخ می‌دهد و تقریباً ۱۲ ساعت بعدازظهر ماه از نصف‌النهارمی‌گذرد و نیمکرهٔ مرئیش کاملا روشن است‌که چون برسطح‌کرهٔ‌آسمان(یادایرهٔ مرئی) تصویر شود، به‌شکل یك‌قرص تمام دیده می‌شود. این‌حالت را **بدر** گویند و درشب نیمهٔ ماه قمری واقع می‌شود.

۳ ـ به ازای $\lambda = 90^\circ$ یا $\lambda = 270^\circ$ که ماه به وضع L_3 و L_7 واقع می‌شود، ۶ساعت یا ۱۸ ساعت‌بعدازظهر ماه از نصف‌النهارمی‌گذرد ونصف نیمکرهٔ مرئیش‌که به‌سمت ماست، روشن‌مشاهده‌می‌شود . چون این‌قسمت‌برسطح دایرهٔ مرئی‌تصویرگردد، به‌شکل‌نیمدایره‌ای‌تصویر خواهد شدکه‌تحدب‌آن‌رو به‌خورشید است. این‌حالت‌را **تربیع**‌اول یا تربیع دوم‌گویند و درشب‌هفتم یابیست‌ویکم‌ماه قمری‌مشاهده می‌شود.

۴ ـ به‌ازای $\lambda = 45^\circ$ و $\lambda = 7\times45^\circ$ که‌ماه به‌وضع L_2 و L_8 واقع می‌شود ، گویند ماه در **هلال** است و۳ ساعت و ۲۱ ساعت بعدازظهراز نصف‌النهار می‌گذرد . درهریك‌ازاین دوحالت ربعی‌از نیمکرهٔ مرئیش که به‌سمت مامی‌باشد روشن است وچون‌این‌قسمت برسطح‌دایرهٔ‌مرئی تصویرگردد به‌شکل‌هلالی خواهد شدکه همواره‌تحدبش‌رو به‌خورشید است .

[1] ـ نیمکره‌ای که مقابل ماست .

۵ ـ به ازای $\lambda = 3\times45^\circ$ و $\lambda = 5\times45^\circ$ که ماه به وضع L_4 و L_6 واقع می‌شود ، گویند ماه در تثلیث است و ۹ساعت و۱۵ساعت‌بعداز ظهراز نصف‌النهارمی‌گذرد. درهریك‌از این‌دوحالت $\frac{3}{4}$ از نیمکرهٔ مرئی ماه‌که به سمت ما می‌باشد روشن است و به‌شکل عدسی تصویر می‌شود و باز بعد از یك ماه همین اهله تکرار می‌شود .

تبصره ـ درنیمهٔ‌اول‌ماه، وسعت‌قسمت روشن ماه‌رفته‌رفته زیاد می‌شودو تحدب‌این قسمت به‌طرف‌مغرب‌است‌و در نیمهٔ‌دوم‌ماه،وسعت‌قسمت روشن‌کم‌می‌شود و تحدب‌آن به‌سمت‌مشرق است و در تمام حالات زاویهٔ رأس‌هلالهامساوی است‌بااختلاف‌طولهای‌ماه وخورشید ، زیرا اضلاعشان بریکدیگر عمود است ، مثل دو زاویهٔ IL_2C و L_2TL_1 و...

۹۸ـ سال و ماه قمری ـ سال‌قمری عبارت‌است از۱۲ماه‌قمری[1] هلالی ، یعنی‌مدتی‌که قمر یك دورهٔ هلالی‌خود را می‌پیماید. چون‌ماه تقریباً درمدت ۲۹ روز و ۱۲ ساعت و ۴۴ دقیقه دورهٔ هلالیش را تمام می‌کند ، یك‌سال قمری معادل خواهد شد با :

قه　عت　روز　قه　عت　روز

۴۸　۸　۳۵۴=(۴۴　۱۲　۲۹)۱۲

پس اگر یك سال را ۳۵۴ روزمحسوب‌داریم، ۸ساعت‌و۴۸دقیقه اضافه‌خواهیم داشت،وچون‌درهرسه‌یا دوسال‌که این‌کسوراضافه‌متراکم شد از ۲۴ ساعت‌که یك شبانه‌روز است تجاوزمی‌کند، آن‌سال را ۳۵۵ روزگیرند وباصطلاح گویند آن سال‌کبیسه است .

[1] ـ محرم، صفر، ربیع‌الاول، ربیع‌الثانی، جمادی‌الاول،جمادی‌الثانی، رجب ، شعبان ، رمضان ، شوال ، ذیقعده ، ذیحجه .

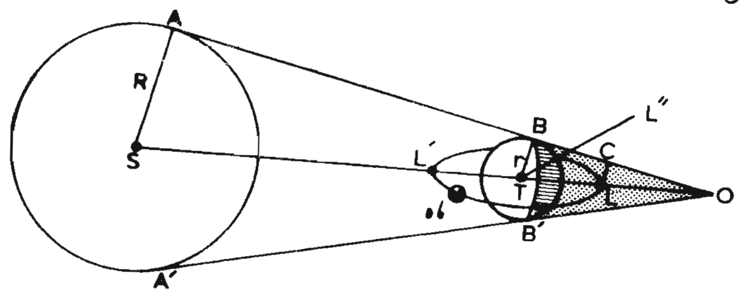
تذکر ـ مبدأ سنوات قمری نیز از روز هجرت حضرت رسول (ص) از مکه به مدینه است و به‌همین جهت این‌تاریخ را **هجری قمری** گویند.

خسوف

۹۹ ـ تعاریف ـ هنگامی‌که ماه درحالت‌بدراست،گاهی مشاهده می‌شودکه موقتاً تمام‌یا قسمتی‌ازآن متدرجاً تاریک‌می‌شود وبعدازمدت کمی به‌حالت معمولی بازمی‌گردد. این حادثه‌را گرفتن ماه یا **خسوف** گویند.

خسوف را کلی یا جزئی گویند، بنا برآنکه تمام قرص ماه یا جزئی از آن تاریک شود.

۱۰۰ ـ علت خسوف ـ چون زمین‌جسمی است‌کدرکه‌ازخورشید کسب نورمی‌کند، واضح‌است‌که همواره نیمی‌ازآن‌روشن‌ونیمهٔ‌دیگرش تاریک‌است، بعلاوه ازنیمهٔ‌تاریک‌آن **مخروط سایه‌ای** تشکیل می‌شود که‌ارتفاعش به‌فاصلهٔ زمین ازخورشیدمربوط‌است. بنابراین‌اگرقسمتی ازماه دراین‌مخروط سایه واقع‌شود، خسوف دست‌می‌دهد.لذاکافی‌است ثابت‌کنیم که ممکن است‌مخروط سایهٔ زمین تمام یاجزئی‌ازماه‌را فرا گیرد (شکل ۶۰). حال فرض می‌کنیم‌که S و T بترتیب‌خورشیدوزمین



شکل ۶۰

باشند وصفحه‌ای‌که به‌مرکزاین دوکره مرور می‌دهیم‌آنهارا دردودایرهٔ عظیمهٔ SA وTB قطع می‌کند. حال AB مماس مشترک خارجی این دودایره را رسم می‌کنیم. چون مثلث قائم‌الزاویهٔ OBT را حول‌محور OT دوران دهیم، مخروط سایه بوجود می‌آید.

برای محاسبهٔ TO طول این مخروط سایه، از دومثلث متشابه OSA و OTB چنین خواهیم داشت:

$$\frac{SA}{TB}=\frac{OS}{OT}$$

و چون تفضیل نسبت‌کنیم می‌شود:

$$\frac{SA-TB}{TB}=\frac{OS-OT}{OT} \qquad (1)$$

ولی

$$SA-TB=109r-r=108r$$

و

$$OS-OT=TS=23400r$$

وچون درتناسب (۱) به‌جای هر جملهٔ‌آن مساویش را قرار دهیم، بعد از محاسبه چنین خواهیم داشت:

$$OT=217r \quad \text{(تقریباً)}$$

اما چون فاصلهٔ ماه در اوج از ۶۴ برابر شعاع زمین هم کمتر می‌باشد، بخوبی ممکن‌است مخروط سایه را تلاقی‌کند.

حال باید این نکته‌را تحقیق‌کنیم‌که مخروط سایهٔ‌زمین‌می‌تواند تمام قرص ماه را بپوشاند و خسوف‌کلی حادث شود:

می‌دانیم‌که فاصلهٔ متوسط ماه از زمین، ۶۰ برابرشعاع زمین و شعاع کرهٔ ماه تقریباً ۰/۲۷ شعاع زمین است (شماره‌های ۹۳و۹۴).

درشکل ۶۰، نقطهٔ L مرکز و خط LC، عمود برOB، شعاع کره‌ای است که محاط در مخروط سایهٔ زمین و به‌فاصلهٔ $LT=60r$ از زمین واقع باشد. چون LC را با استفاده از تشابه دومثلثOTBو OLC و با توجه به‌اینکه

$$LT=60r \quad \text{و} \quad OT=217r \quad \text{و} \quad TB=r$$

حساب کنیم ، بسهولت معلوم می‌شود که $LC = ۰/۷۲r$ ، و این‌مقدار LC بیش‌از دوبرابرونیم شعاع کرهٔ ماه است؛ پس ممکن است‌که‌تمام کرهٔ ماه در داخل مخروط سایهٔ زمین قرارگیرد .

۱۰۱- شرط وقوع خسوف - هرگاه صفحهٔ مدار ماه بر صفحهٔ دایرةالبروج منطبق می‌بود، لازم‌می‌آمدکه درهرمقابله یك‌مرتبه‌خسوف واقع شود؛ اما صفحهٔ مدارماه با دایرةالبروج به‌زاویهٔ $L''TO = ۵°۹'$ (شکل۶۰) متقاطع می‌گردد ، پس درهردورهٔ انتقالی ، عرض ماه مابین $-۵°۹'$ و $+۵°۹'$ تغییرمی‌کند ودرعقدتین صفرمی‌شود. بنابراین‌خسوف وقتی دست می‌دهدکه مقابلهٔ خورشید و ماه در مجاور یکی از عقدتین اتفاق افتد ، وحساب‌کرده‌اندکه هرگاه دراین‌موقع عرض ماه زیادتراز $۱°۲'$ باشد ، ابداً خسوف نخواهد شد .

تبصره - خاصیت انکسارشعاع نورازطول مخروط سایه می‌کاهد بطوری‌که طول TO تقریباً $۴۲r$ می‌شود. بنابراین‌هرگزخسوف‌مطلقی که بکلی ماه را نامرئی سازد حادث نخواهدشد بلکه بازهم نورخفیف قرمزرنگی‌آن‌را قابل رؤیت می‌کند ، چون اشعهٔ قرمزاشعه‌ای‌است‌که جو زمین‌کمتر از اشعهٔ دیگرآن‌را جذب می‌کند .

۱۰۲- مدت خسوف - تمام مدت خسوف‌کامل‌زیادتراز‌دوساعت نخواهد شد. دراین‌مدت ماه شبیه اهله‌ای بنظرمی‌آیدکه درعرض یك ماه قمری مشاهده می‌شود .

تبصره - یکی‌ازدلایل دیگرکرویت زمین این‌است‌که‌درموقع خسوف جزئی ، سایهٔ زمین برقرص ماه مدور است .

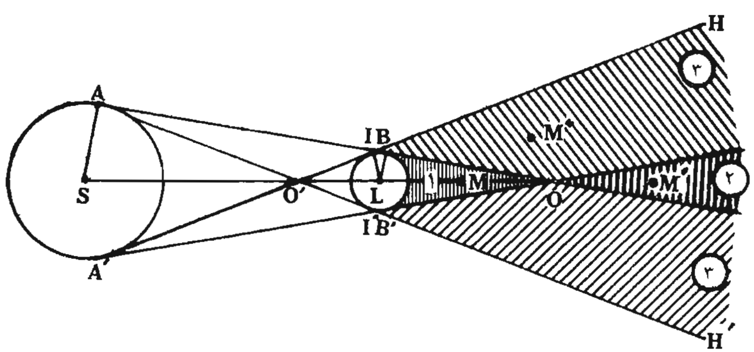
۱۰۳ - رؤیت خسوف - واضح است‌که خسوف وقتی در مکانی

رؤیت می‌شودکه ماه ومخروط سایه بالای افق وبنابراین‌آفتاب درزیر افق باشد . پس ممکن نیست که خسوف در روز واقع شود بعلاوه هر خسوفی درنصف بیشترکرهٔ زمین رؤیت می‌شود .

تبصره - مدتی قبل‌وبعد ازخسوف، ماه باید ازفضایی‌عبورکند که شبه سایه‌آنجا را فراگرفته است وبه‌همین‌جهت درهرخسوف‌مدتی قبل وبعد ازآن نور ماه نسبتاً ضعیف‌تر است .

کسوف

۱۰۴- تعریف - فرض می‌کنیم S خورشید ، L ماه ، O رأس مخروط محیطی خارجی و 'O رأس مخروط محیطی داخلی‌آنها باشد[۱]؛ پشت ماه ، مخروط سایهٔ 'BOB تشکیل می‌شودکه مخروط شبه سایهٔ 'HH'II آن را فراگرفته است.

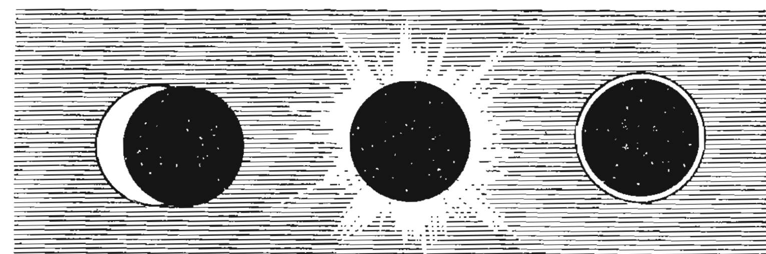


شکل ۶۱

۱- هرگاه بر مرکزکرهٔ S و L صفحه‌ای مرور داده و مماسهای مشترك خارجی و داخلی بر دو دایرهٔ مقطع آنها را رسم‌کنیم و شکل را نیم دور حول SL دوران دهیم ، مخروطهای خارجی و داخلی احداث می‌شوند (شکل ۶۱).

حال اگر راصدی در نقطه‌ای مانند M که داخل مخروط سایه است قرار گرفته باشد، ابداً خورشید را نمی‌بیند (شکل ۶۱). واگر راصد در نقطه‌ای مانند M' که در ناحیهٔ متقابل به‌رأس مخروط سایه است قرار گیرد، قسمتی از خورشید را مانند حلقهٔ نورانی مشاهده خواهد کرد. و بالاخره هرگاه راصد، در نقطه‌ای مثل M'' که یکی از نقاط داخل شبه‌سایه است قرار گرفته باشد، فقط قسمتی از قرص خورشید را مانند هلالی می‌بیند.

پس اگر زمانی یکی از نقاط سطح کرهٔ زمین بتواند در M واقع شود، **کسوف کلی**، اگر در M' واقع گردد یك **کسوف حلقوی** واگر در M'' واقع شود یك **کسوف جزئی** برای آنجا خواهد بود (شکل ۶۲).



کسوف حلقوی   کسوف کلی   کسوف جزئی

شکل ۶۲ ـ انواع کسوفها

۱۰۵ـ امکان کسوف ـ کسوف کلی ـ چنانکه قبلاً گفته شد، وقتی برای نقطه‌ای از زمین کسوف کلی روی می‌دهد که این نقطه داخل مخروط سایهٔ ماه واقع شود، پس باید طول این مخروط بقدری باشد که به‌زمین برسد و به‌عبارت اخری طولش زیادتر از فاصلهٔ زمین تا ماه باشد.

۱۰۶ـ طول مخروط سایهٔ ماه ـ فرض می‌کنیم که شعاع خورشید

$SA=R=109r$ و شعاع ماه $LB=r'=\frac{3}{11}r$ و $OL=y$ باشد (شکل ۶۱). فاصلهٔ ماه و خورشید (d'') درموقع مقارنه محسوساً مساوی است با تفاضل دو فاصله‌شان از زمین، یعنی: $SL=d''=d-d'$ (d فاصلهٔ متوسط خورشید از زمین و d' فاصلهٔ متوسط زمین از ماه)؛ از دو مثلث قائم‌الزاویهٔ متشابه BLO و OSA این تناسب حاصل است:

$$\frac{OL}{OS}=\frac{BL}{SA}$$

بعد از تفضیل نسبت چنین می‌شود:

$$\frac{OL}{OS-OL}=\frac{BL}{SA-BL}$$

یا

$$\frac{y}{d''}=\frac{r'}{R-r'}$$

و از آنجا

$$(1)\quad y=\frac{r'd''}{R-r'}=\frac{r'(d-d')}{R-r'}$$

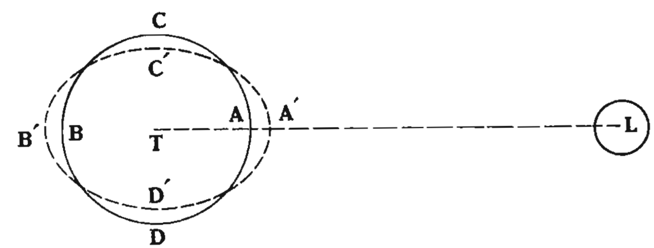
از این تساوی می‌توان استنباط کرد که وقتی که ماه در حضیض باشد مخروط سایهٔ آن ممکن است زمین را قطع کند و در این صورت ممکن است کسوف کلی واقع شود و الا کسوف حلقوی یا جزئی امکان خواهد داشت.

تبصره ـ هرگاه درموقع مقارنهٔ ماه و خورشید، عرض ماه بیشتر از $1^\circ 34' 24''$ باشد، کسوف غیرممکن است.

جزر و مدّ دریاها

۱۰۷ـ تعریف ـ چون در سطح دریاها دقت کنیم، ملاحظه خواهیم کرد که درهر شبانه‌روز، یا بطور دقیق درهر ۲۴ ساعت و ۵۰ دقیقه، دو نوبت (درهر ۱۲ ساعت و ۲۵ دقیقه یك نوبت) آب دریاها بالا می‌آید و دو نوبت پایین می‌رود. اثر اول را **مدّ** و اثر دوم را **جزر** گویند.

۱۰۸ - علت جزر و مد - همانطور که جاذبهٔ زمین بر کرهٔ ماه وارد می‌شود و آن را بر مدارش نگاه می‌دارد، ماه نیز نسبت به کرهٔ زمین جاذبه‌ای ظاهر می‌سازد که اقلا در آبهای آن به‌واسطهٔ کمی چسبندگی ذرات تأثیر محسوس می‌کند. در شکل ۶۳ چون نقطهٔ A از نقاط مجاورش به ماه نزدیکتر



شکل ۶۳

است جاذبهٔ بیشتری بر آن وارد می‌شود و بیشتر به‌طرف ماه جذب می‌گردد، در نتیجه به‌وضع A′ درمی‌آید. در طرف مقابل چون نقطهٔ B از نقاط مجاورش از ماه دورتر است نیروی جاذبهٔ کمتری بر آن وارد می‌شود و از نقاط مجاورش عقب‌تر می‌ماند. پس در هر نقطهٔ A و B مدّ و در نقاط C و D که آبهایشان به‌طرف A و B حرکت کرده‌اند جزر واقع می‌شود.

۱۰۹- تغییر زمان جزر و مدّ - تأخیر شبانه روزی جزر و مد به قدر ۵۰ دقیقه است. این مقدار درست معادل تأخیر دو عبور متوالی ماه از نصف‌النهار مکان معینی است و چون این تأخیرات در مدت $29\frac{1}{2}$ روز که یک ماه هلالی است متراکم شود، تقریباً معادل ۲۴ ساعت خواهد شد. از طرف دیگر در مدت ۲۴ ساعت و ۵۰ دقیقه دو نوبت جزر و مدّ در هر دریایی بروز می‌کند و بنابراین در هر ۱۲ ساعت و ۲۵ دقیقه یک مرتبه مدّ واقع می‌شود، بالنتیجه ساعات جزر و مد در دورهٔ ۱۵ روز بطور ثابت تجدید می‌گردد.

فصل هشتم

اطلاعات عمومی دربارهٔ سیارات

۱۱۰ - تقسیم سیارات - سیاره‌های فراوان به‌فواصل مختلف و در زمانهای متفاوت حول خورشید دوران می‌کنند. زمین ما نیز یکی از آنهاست.

تمام سیارات را می‌توان به سه دستهٔ عمده منقسم ساخت: اولاً سیاراتی با حجم متوسط که به‌خورشید نزدیکترند و فواصلشان به‌ترتیب می‌افزاید. این سیارات عبارتند از: **عطارد**، **زهره**، **زمین**، **مریخ**. ثانیاً سیارات عظام که‌عبارتند از: **مشتری**، **زحل**، **اورانوس**، **نپتون**. ثالثاً سیارات صغار یا شبه سیارات که همگی مابین مریخ و مشتری واقعند. عدهٔ اینها خیلی زیاد و تا امروز متجاوز از ۱۵۰۰ تا از آنها کشف شده است.

می‌توان سیارات را از نقطهٔ نظر زمین به دو دستهٔ اصلی منقسم ساخت: یکی سیارات **سِفلی** که مدارشان داخل در مدار زمین است و عبارتند از: عطارد و زهره. دیگری سیارات **عِلوی** که‌عبارتند از سایر سیاراتی که مدارشان خارج از مدار زمین است.

شرح اجمالی سیارات

۱۱۱ـ عطارد ـ مابین تمام سیارات اصلی، عطارد سیاره‌ای‌است که‌کشیدگی مدارش از همه بیشتر است .

چون‌قطرزمین‌را واحدفرض‌کنیم، قطرعطارد ۰/۳۷ خواهدشد، پس‌نسبت حجم‌آن‌به‌حجم‌زمین ۰/۰۵۴ است‌وفاصله‌اش‌ازآفتاب ۰/۳۹ برابر فاصلهٔ زمین است ازآفتاب .

مدت یك دورهٔ هلالی عطارد حول آفتاب ۱۱۶ روز ومدت یك دورهٔ نجومیش معادل ۸۸ روز است .

عطارد مانندکرهٔ زمین دارای‌حرکت وضعی‌است‌ومدت‌شبانه‌روز آن ۸۸ روز است . همیشه یك نیمهٔ‌آن به‌سوی خورشید است‌وازاین نظربه ماه‌شباهت دارد ولی‌به‌سبب میل محور آن نسبت‌به‌سطح‌مدارش فقط سی درصدآن همواره درتاریکی است .

چون‌شدت‌نوروحرارت‌به‌نسبت عکس‌مجذورفاصله‌تغییرمی‌یابد وفاصلهٔ زمین ازآفتاب ۲/۶۶ برابر فاصلهٔ عطارد است، نور وحرارت مکتسبهٔ عطارد (۲/۶۶)^{2} یا ۷ برابر نور وحرارت زمین است. منتهی فاصلهٔ قوسی عطارد ازآفتاب ۲۹ درجه است . به‌این جهت ، یا بعداز غروب آفتاب درسمت مغرب یاقبل از طلوع آفتاب درطرف مشرق‌با نور قرمز رنگی مشاهده می‌شود .

قدما چون به این مطلب آگاهی نداشتند ، عطارد را دو ستاره می‌پنداشتندکه یکی را ستارهٔ صبحی و دیگری را عصری می‌نامیدند.

این ستاره چون فوق‌العاده به خورشید نزدیك است منجمان نتوانسته‌اند تابه‌حال اطلاعات کاملی ازسطح و جوّ آن بدست‌آورند .

۱۱۲ـ زهره ـ مدار این سیاره محسوساً مستدیر وشدت نور و حرارتش‌تقریباً دو برابر شدت‌نور وحرارت مکتسبهٔ‌کرهٔ زمین‌است‌و درموقع‌تربیع برای‌ساکنان زمین درنهایت تلألؤ ودرخشندگی‌است، بطوری‌که درهنگام‌ظهر می‌توان آن را باچشم دید و به‌نظرمابزرگتر می‌آید(زیراکه فاصله‌کمتر است). فاصلهٔ‌متوسطش از خورشید ۰/۷۲ برابر فاصلهٔ زمین است ازخورشید .

هرگاه قطر زمین‌را واحدقراردهیم ، قطر حقیقی‌زهره ۰/۹۶۶ و نسبت حجمش به زمین ۰/۹ خواهد شد .

مدت یك دورهٔ نجومی زهره به دور خورشید ۲۲۵ روز است .

زهره دارای حرکت‌وضعی‌است و شبانه‌روزآن ۲۲۵ روزاست . چون مدار زهره تقریباً مستدیراست، مدت فصولش نیزتقریباًمساوی هستند ، اما چون‌محور آن نسبت به‌سطح مدارش مایل است،تغییرات دما درفصول و اختلاف روز و شب آن زیاد است . هنگامی‌که‌زهره‌از حالت محاق خارج می‌شود ، دونوك هلالش بندرت منقح‌ومتجلّی‌جلوه می‌کند ، بدین جهت تصور می‌رود که زهره را جوّ ضخیمی فراگرفته باشدکه جزءِ عمدهٔ آن گازکربنیك باشد ، اما از بخارآب و اکسیژن اثری نیست، وعلاوه‌براین، تاکنون‌تحقیقات عمیقی دربارهٔ زهره‌بعمل نیامده است .

حداکثر بعد زاویه‌ای زهره از آفتاب ، ۴۸ درجه است وبدین جهت یا قبل از طلوع‌آفتاب درطرف مشرق یا بعد از غروب درسمت

مغرب مشاهده می‌شود. از این رو قدما آن را مانند عطارد دو ستارهٔ صبحی و عصری می‌پنداشتند.

۱۱۳- مریخ - مریخ ستاره‌ای است قرمز رنگ که با چشم دیده می‌شود و اهله‌اش خیلی ضعیف بنظر می‌رسد. لذا چنین تصور می‌رود که جوّ ضخیمی آن را فراگرفته باشد. هرگاه قطر زمین را واحد فرض کنیم قطر مریخ ۰/۵۴ و نسبت جرم این دو ۰/۱۱ است. مریخ در مدت ۲۴ ساعت و ۳۷ دقیقه حرکت وضعی خود را تمام می‌کند و طول مدت سالش ۶۸۷ روز است.

درمجاور قطبین مریخ لکه‌های سفید رنگی بنظر می‌آید که وسعتشان متناوباً کم یا زیاد می‌شود و چون این لکه‌ها همواره در فصل معینی دیده می‌شود، می‌توان گفت که از برف و یخ قطبی هستند که در زمستان زیاد شده و در تابستان ذوب می‌شود، و نظر به قانون تابش حرارت، در نواحی استوایی مریخ باید دما °۳۵ و در نواحی قطبی آن اقلاً °۱۰۰— باشد. بعلاوه در سطح مریخ خطوط مستقیمی بنظر می‌رسد که به‌عقیدهٔ **شیاپارلی**، کانالهایی است که برای انتقال آب و هدر نرفتن آن احداث شده است.

قطبین مریخ اندکی فرورفتگی دارد و از روی بعضی آثار دستی که در آن مشاهده شده است چنین تصور می‌رود که باید مسکون باشد. فاصلهٔ آن از خورشید ۱/۵۲ برابر فاصلهٔ زمین است از خورشید.

مریخ دارای دو ماه است که فواصل آنها از مرکز این سیاره ۲/۷۷ و ۷ (واحد، شعاع مریخ است) می‌باشد. این دو ماه یکی در مدت ۷ ساعت و ۴۰ دقیقه و دیگری در ظرف ۳۰ ساعت و ۱۴ دقیقه دورهٔ حرکت انتقالی

خود را در حول سیارهٔ خویش انجام می‌دهند و چون مدت دوران ماه اول تقریباً $\frac{۱}{۳}$ مدت دوران مریخ است، به نظر ساکنان مریخ (اگر وجود داشته باشند) چنین می‌نماید که آن ماه از سمت مغرب طلوع کرده در مشرق غروب می‌کند.

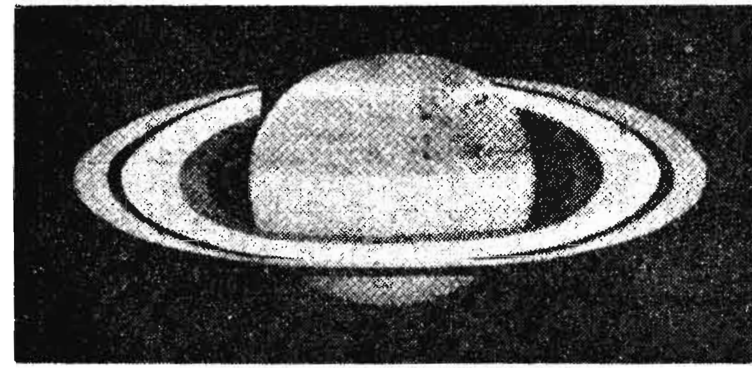
۱۱۴ - مشتری - مشتری مانند یکی از ثوابت روشن در آسمان می‌درخشد. مشتری از بزرگترین سیارات منظومهٔ شمسی و قطرش بیش از ۱۱ برابر قطر زمین است. حجم و جرمش بترتیب ۱۳۰۰ و ۳۱۸ برابر حجم و جرم زمین است. فاصلهٔ آن از خورشید ۵/۲ برابر فاصلهٔ زمین است از خورشید.

مشتری در مدت ۹ ساعت و ۵۳ دقیقه حول محوری دوران می‌کند که تقریباً عمود است بر سطح مدار آن و از اینجا چنین برمی‌آید که اختلاف روز وشب و تفاوت فصول آن بسیار کم است. سال مشتری تقریباً برابر ۱۲ سال زمین (۱۱ سال و ۳۱۵ روز) می‌شود.

چون مشتری را با دوربین قوی مشاهده کنیم، فوراً پی می‌بریم که قرصش بیضی است. مقدار فرورفتگی قطبین مشتری را $\frac{۱}{۱۵}$ یافته‌اند. مشتری ۱۲ ماه دارد که چهارتای آنها خیلی بزرگند. چون نیروی جاذبه در مشتری بمراتب بیش از زمین است، فشار جوّ آن نیز هزاران مرتبه از فشار جوّ زمین بیشتر و به‌این جهت دمای متوسط در سطحش تا °۱۳۸— برآورد شده است.

۱۱۵- زحل - زحل بعد از مشتری بزرگترین سیارهٔ منظومهٔ شمسی و مانند یکی از ثوابت درخشان است. اخیراً تا ۱۰ ماه برای آن

قائل‌شده‌اند . زحل را حلقهٔ مستنیری فرا گرفته است (شکل ۶۴) که از خود سیاره درخشانتر است. فاصلهٔ متوسطش از خورشید بیشتر از ۹/۵ برابر فاصلهٔ متوسط زمین است از خورشید .



شکل ۶۴

زحل درمدت ۱۰ ساعت و ۱۴ دقیقه حرکت وضعی خودرا انجام می‌دهد . این حرکت درمسیری انجام می‌گیرد که بااستوای آن زاویهٔ ۲۶ درجه می‌سازد. بنابراین اختلاف روز وشب آن مانند زمین و برحسب فصول متغیر است . سال زحل تقریباً معادل ۳۰ سال ماست .

زحل را نیز مانند مشتری جوّ ضخیمی فراگرفته است وبه‌واسطهٔ فشار زیاد جوّش برسطح آن، دمای متوسط درسطح این سیاره ۱۵۳°— برآورد شده است . فرورفتگی قطبین آن مابین $\frac{1}{9}$ و $\frac{1}{10}$ برآورد شده است .

زحل را هوایی احاطه کرده است و نوارهای تاریکی درسطحش مشاهده می‌شود که عموماً با استوای آن متوازیند .

در توجیه حلقه‌های زحل عقاید بسیار است . بعضی برآنند که

حلقه‌های زحل عبارت از تراکم ماههای بیشماری است که مدارهای آنها بسیار به‌هم نزدیکند ودراین فاصله به‌نظر ما متصل می‌آیند. عده‌ای هم معتقدند که این حلقه‌ها بقایای پاره‌ای ازماههای متلاشی شدهٔ آنند . همچنین عده‌ای گفته‌اند که ستارهٔ دنباله‌داری ابتدا جذب زحل گشته و شکسته است سپس قشرجامدش ماهها و دنباله‌اش حلقه‌های زحل را تشکیل داده‌اند. وبالاخره پاره‌ای عقیده‌دارند که حجم زحل زیاده براین بوده وبراثر تکاثف کوچك شده است واین حلقه‌ها آثار محیط استوایی آنند.

۱۱۶ـ اورانوس ـ اورانوس در سال ۱۱۵۹ هجری شمسی به توسط **هرشل** منجم کشف شد، هرشل ابتدا آن‌را ستارهٔ دنباله‌داری تصور نمود ولی بزودی پی‌برد که دارای مداری است تقریباً مستدیر که حول خورشید دورمی‌زند وبنابراین باید جزء سیارات باشد . قدما اورانوس را در ارصاد خود مکررمشاهده کرده بودند ولی به واسطهٔ کوچکی ، آن‌را جزء ثوابت قدر ششم می‌پنداشتند . این ستاره درمواقع مناسب با چشم قوی دیده می‌شود. فاصله‌اش از آفتاب ۱۹/۲ برابر فاصلهٔ زمین، و حجمش ۵۰ برابر حجم زمین است . لذا می‌توان گفت که کوچکی اورانوس به‌واسطهٔ بعد مسافت آن نسبت به ماست. مدت حرکت وضعی اورانوس ۱۰ ساعت و۴۲ دقیقه است و مدت حرکت انتقالی آن را ۸۴ سال یافته‌اند .

اورانوس پنج‌ماه دارد که مدارهای آنها قریب به‌سطحی است که تقریباً برصفحهٔ مدارخود سیاره عمود است .

۱۱۷ـ نپتون ـ چنانکه سابقاً گفته‌شد، نه‌فقط سیارات مجذوب کرهٔ خورشیدند ، بلکه قانون جاذبه مابین خودآنها نیز جاری است ،

بطوری‌که‌همین‌قانون منجمان‌را به‌وجود سیاره‌ای نامرئی‌آگاه ساخت.
جریان این بود که راصدان از روی رصد، بی‌نظمیهایی در حرکت اورانوس مشاهده کردند که نمی‌توانستندآنها را به‌سیارات سفلای‌این ستاره‌اسناد دهند ووجودآنها تنها به‌سبب وجود این‌تأثیرات‌کافی‌نبود، به‌این معنی‌که ازطرفی مواضع مختلفهٔ اورانوس را با رعایت‌اثرجاذبهٔ تمام ستارگان معلوم حساب می‌کردند و ازطرف دیگر جای ستاره را به‌عمل رصد تعیین می‌نمودند . بدیهی است که اگرعلل خارجی دربین نباشد، نتیجهٔ رصد ومحاسبه باید موافق باشد ، وچون دونتیجه‌را باهم مقایسه می‌کردند،بقدری اختلاف داشت‌که نمی‌توانستندآن‌را حمل‌بر تقریبات رصدکنند . ازاینجا حدس زدندکه باید سیارهٔ دیگری‌موجب این اختلاف شده باشد . این بود که **لُووِرّیه** رئیس رصدخانهٔ پاریس درسال ۱۲۲۴ هجری شمسی از روی محاسبه ، موضع و مقدار جرم و کیفیت مدار بیضوی‌این‌سیارهٔ مجهول‌را یافت‌ودررساله‌ای منتشرساخت که باید سیاره‌ای فعلاً درصورت فلکی جدی نزدیك کوکب δ از این صورت واقع باشد. اتفاقاً دراواخرهمین ماه **گال** منجم‌آلمانی ازبرلین ستارهٔ مطلوب را به‌فاصلهٔ ۵۲دقیقه ازمکانی که لووریه استخراج‌کرده بود بدست آورد وبه‌نام **نپتون** یعنی **رب‌النوع بحار** خواند . فاصلهٔ متوسط این‌ستاره ازخورشید۳۰برابرفاصلهٔزمین‌ومدت‌حرکت‌انتقالیش ۱۶۵ سال وقطرش درحدود چهاربرابرقطرزمین است. حجم نپتون۴۴ برابرحجم زمین است .

نپتون دارای دو ماه است . ماه بزرگتر قریب ۶ روز یك‌بار و دیگری در هر۳۶۰ روز یك‌بار حول‌آن دوران می‌کند .

۱۱۸- پلوتون- تا چند سال پیش ستارهٔ نپتون‌آخرین ستارهٔ منظومهٔ شمسی‌محسوب می‌شد، ولی‌به‌واسطهٔ بی‌نظمیهایی که درحرکت نپتون مشاهده می‌کردند (مثل‌آنچه دربارهٔ نپتون‌گفته شد) ، درسال ۱۳۰۸هجری شمسی ستارهٔ پلوتون را دررصدخانهٔ **لُول** ازایالات‌متحد امریکا کشف کردند .

فاصلهٔ این سیاره از خورشید ۳۹/۵ برابر فاصلهٔ زمین است از خورشید ودرمدت ۲۴۸سال و۱۵۷روز یك‌دور به‌دورخورشید می‌گردد و اختلاف منظر افقی‌آن ″۰/۳ است. چون این سیاره ازما بسیاردور است ، هنوز اطلاعات دیگری ازجزئیات‌آن نداریم .

در جدول زیر مطالبی که در بارهٔ سیارات خوانده‌اید خلاصه شده است :

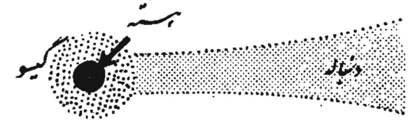
اسم‌کواکب	حجم	وزن مخصوص	فاصله از خورشید	دورهٔ انتقالی	حرکت وضعی	قطرظاهری دربعد اوسط	عدهٔ اقمار
عطارد	۰/۰۵۴	۱/۱	۰/۳۹	۸۸ روز	۸۸ روز	″۶/۵	»
زهره	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۷۲	۲۲۵ روز	۲۲۵ روز ؟	بین″۶ و″۶۵	»
زمین	۱	۱	۱	۱ سال	عت ۲۳ قه ۵۶	″۱۷/۶ ازآفتاب	۱
مریخ	۰/۱۵۷	۰/۷۵	۱/۵۲	۱/۹ سال	عت ۲۴ قه ۳۷	بین″۴ و″۲۷	۲
مشتری	۱۳۰۰	۰/۲۵	۵/۲	۱۱/۹ سال	عت ۹ قه ۵۳	″۳۷/۶	۱۲
زحل	۷۳۵	۰/۱۳	۹/۵	۲۹/۵ سال	عت ۱۰ قه ۲	″۱۶	۹
اورانوس	۵۰	۰/۲۸	۱۹/۲	۸۴ سال	عت ۱۰ قه ۴۲	″۴	۵
نپتون	۴۴	۰/۴	۳۰	۱۶۵ سال	عت ۱۵ قه ۴۸؟	″۲/۶	۲
پلوتون	۰/۱۹	؟	۳۹/۵	۲۴۸ سال	۶ روز	نامحسوس	»

ستارگان دنباله‌دار

۱۱۹ ـ تعریف ـ ستارگان دنباله‌دار اجرامی هستند که مانند سیارات به دور خورشید دوران می‌کنند و با سیارات اولاً درشکل و ساختمان طبیعی وثانیاً درمنحنی مدارشان تفاوت دارند .

۱۲۰ ـ شکل و ساختمان ستارگان دنباله‌دار ـ ستارگان دنباله‌دار، به‌عکس سیارات ، شکل هندسی معینی ندارند ووقتی‌که در فاصلهٔ زیادی ازخورشید واقع می‌شوند مثل‌لکهٔ ابری بنظرمی‌آیند و هرچه به‌خورشید نزدیکترشوند روشن‌تر می‌نمایند .

ستارهٔ دنباله‌دارازسه‌قسمت‌تشکیل شده‌است: یکی‌هستهٔ‌مرکزی که ازسایرقسمتهایش روشن‌تر است، دیگری‌گازمتکاثفی به‌نام‌گیسوکه هسته را فراگرفته و با هسته ، رأس ستارهٔ دنباله‌داررا تشکیل‌می‌دهد، و سومی دنباله‌ای نورانی است که در جهت تابش نور آفتاب نمایان می‌شود (شکل ۶۵) .



شکل ۶۵

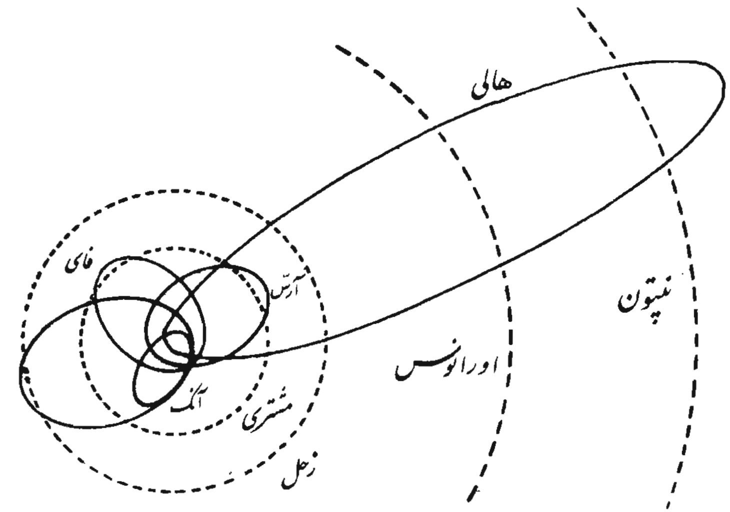
هرچه ستارگان دنباله‌دار به‌خورشید نزدیکتر می‌شوند دنبالهٔ آنها طویلتر می‌شود تا گاهی‌که دنبالهٔ‌آنها تا ۹۰درجه امتداد می‌یابد وگاهی هم با دنباله‌های متعددمشاهده می‌شوند ونیزهرقدر ازخورشید

دورتر شوند دنبالهٔ آنها کوتاهتر می‌شود تا وقتی‌که بکلی محو و از نظر پنهان‌گردند .

مقدار جرم ستارگان دنباله‌دارآن اندازه که باید قابل‌ملاحظه نیست ، زیرا درموقع عبورشان از مجاورت سیارات نه‌فقط درحرکات آنها بلکه در ماههایشان نیزموجب لغزش و انحرافی نمی‌شوند ، فقط پاره‌ای‌بی‌نظمیها درحرکت خودآنها تولید می‌گردد. پس‌معلوم می‌شود که جرم‌آنها ازجرم ماههای سیارات هم‌کمتراست. بنابراین به‌هنگام عبورآنها ازمجاورت‌زمین احتمال خطرنمی‌توان داد، فقط ممکن‌است که جو زمین براثر اختلاط باگازهای‌آنها فاسد ومسموم‌گردد .

۱۲۱ ـ مدار ستارگان دنباله‌دار ـ چون مدت طلوع ستارگان دنباله‌دار چندان دوامی ندارد وبعلاوه مدت بازگشت بیشترآنها بسیار درازاست، منجمان تاکنون نتوانسته‌اند ازوضع وکیفیت مدارتمام‌آنها مطلع شوند، فقط مدارهای بعضی راکه چندین‌مرتبه بازگشت نموده و نسبتاً مدت ادوارشان‌کمتربوده است ، بیضی یافته‌اند ومدارهای‌بقیه‌را یا سهمی‌یا هذلولی‌یافته‌اندکه‌آفتاب درهرسه‌صورت درکانون‌آنهاست. می‌توان فرض‌کردکه بعضی‌ازاین‌اجرام بقدری‌ازخورشید دورمی‌شوند که ازمنظومهٔ‌شمسی‌ما خارج شده وبه‌خورشیدهای‌دیگری می‌پیوندند. دیگرازخصوصیات این‌قبیل‌اجرام تمایل‌فوق‌العادهٔ‌مدارهای‌آنهانسبت به دایرةالبروج است ، چنانکه میل مداربعضی به‌۹۰ درجه می‌رسد و باضافه جهت حرکت‌آنها نیزمختلف است یعنی بعضی درجهت مستقیم وبرخی درجهت معکوس متحرکند وظن‌قوی این است که چون‌ستارهٔ دنباله‌داری درمنظومهٔ شمسی داخل‌شود ومداری مثلاً به‌شکل هذلولی

درحول خورشید بپیماید ، چون به‌خورشید دیگری نزدیك‌شود فوراً تابع **آن گشته‌ومجدداً** مداری **درحول این خورشید جدید تشکیل** می‌دهد.



شکل ۶۶ ـ مدارات ستارگان دنباله‌دار

بنابراین ستارگان دنباله‌داری که دارای مدارهای هذلولی یا سهمی هستند ممکن است بیش‌از یك‌بار درمنظومهٔ شمسی ما نمایان نشوند، ولی هرگاه روی مداری به شکل بیضی سیرکنند البته باز هم رؤیت می‌شوند .

۱۲۲ـ ستارگان دنباله‌دارمتناوبـ ستارگان دنباله‌دارمتناوب آنهایی‌هستندکه اقلاً دونوبت درحضیض واقع شده باشند و مدارهایی که ازآنها رصد شده درهر دو دفعه یکسان باشد .

تاکنون بیست‌وپنج ستارهٔ دنباله‌دارمشاهده‌کرده‌اندکه متناوبند

و معروفترین‌آنها : **هاله** ،**آنك** ، **فای** ، **بیلا** و غیره است .

الف‌ـ هاله، دورهٔ خود را در ۷۶ سال تمام می‌کند و مهمترین ستارگان دنباله‌دار متناوب است . مدارش بیضیی است‌کشیده ، مسیرش درجهت معکوس، فاصله‌اش دراوج۳۶برابر فاصلهٔزمین‌است ازخورشید و در حضیض نزدیکتر است از زهره نسبت به خورشید . میل مدارش ۱۸ درجه است .

ب ـ آنك ، دورهٔ خود را در ۱۲۰۰ روز تمام می‌کند ، مسیرش درجهت مستقیم می‌باشد و از غرایب این ستارهٔ دنباله‌دارآن است که مدت دورانش رفته رفته کم می‌شود .

ج‌ـ فای، دورهٔ خود را در مدت $7\frac{1}{2}$ سال می‌پیماید و حرکتش درجهت مستقیم است .

د ـ بیلا یا **کامباد**، دورهٔ حرکتش در$6\frac{1}{2}$ سال تمام می‌شود و حرکتش مستقیم است . درسال۱۷۷۲ برای اولین‌باردیده شد. در۱۸۴۶ و۱۸۵۲ به‌دوقطعه تقسیم شده بود وپس ازآن متلاشی‌گردید .

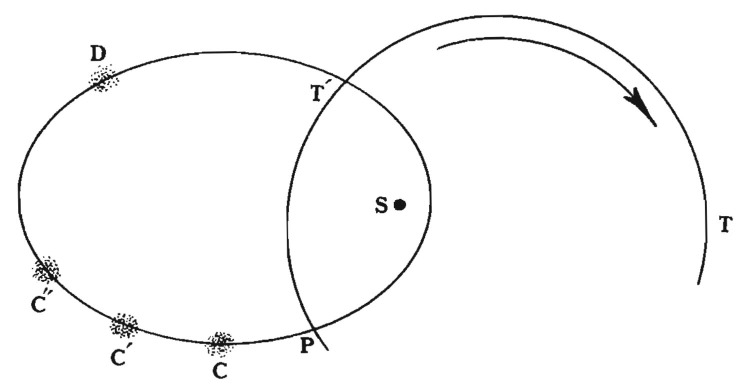
شهابها و احجار سماوی

۱۲۳ـ شهابها ـ چون شبها به‌آسمان صافی نظرافکنیم، مشاهده خواهیم کرد که غالباً نقطه‌ای نورانی دفعتاً درخشیده وبه‌سرعت تمام تغییرمکان داده وبعد از یك تا سه ثانیه ناپدید می‌شود. این‌قبیل‌نقاط درخشنده را **شهاب**گویند .

شهابها اجسام‌کوچکی‌هستندکه‌مانندسیارات وستارگان‌دنباله‌دار

به‌دورخورشید می‌گردند و هنگامی‌که بعضی از آنها با جوّ زمین تلاقی می‌کنند ، با سرعتی‌که منتجهٔ سرعت خودآنها (۴۰کیلومتر درثانیه)و سرعت حرکت انتقالی زمین (۳۰ کیلومتر درثانیه) است داخل هوای محیطی‌زمین‌گشته واین‌سرعت فوق‌العاده براثرمقاومت هوا به‌حرارت زیادی تبدیل می‌شودکه بالنتیجه جسم مشتعل وروشن می‌گردد وچون از جوّ زمین خارج شود ناپدید می‌گردد .

درتمام اوقات سال ، بمحض اینکه هوا تاریك شود و مهتاب هم نباشد،هرساعتی‌چندین شهاب درنواحی مختلفهٔ آسمان مشاهده‌می‌شود. گاهی‌عدهٔ شهابها فراوان وگاهی ازحد شماره بیرون می‌رود بطوری‌که تماماً با یك‌سرعت،خطوطی‌متوازی‌طی‌می‌کنندومثل این‌است‌که‌آسمان



شکل ۶۷

ستاره‌باران شده است . این حادثه موقعی رخ می‌دهدکه زمین از میان دسته‌ای‌ازاین‌اجرام‌کوچك می‌گذرد. درتوجیه ستاره‌باران چنین‌معتقد شده‌اند که دسته‌ای ازاجرام کوچك سماوی مداری مانند CC'C'' در حول‌خورشید می‌پیمایندکه با مدارزمین‌درنقطه‌ای‌مانند P (شکل۶۷) متقاطع می‌شود . پس کرهٔ زمین، به‌هنگام عبورش ازنقطهٔ P ، با بعضی

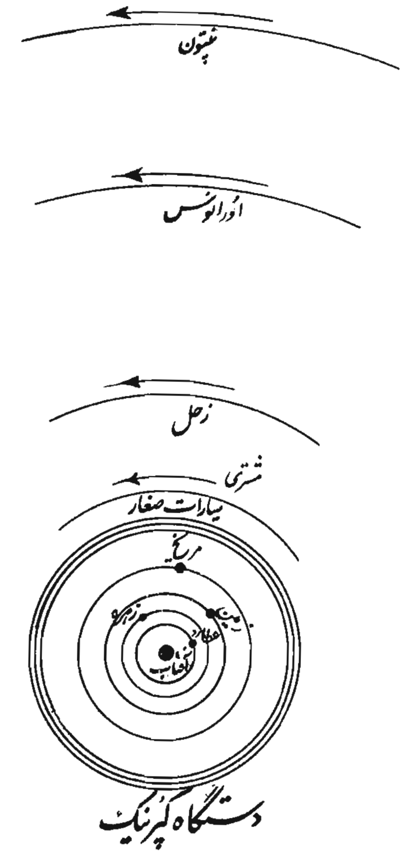
ازاین توده‌ها تلاقی می‌کند وستاره‌باران ضعیف یا شدید روی‌می‌دهد.

۱۲۴- احجارسماوی - احجارساقطه - گاهی اتفاق می‌افتد که شهابها بقدری به‌زمین نزدیك می‌شوند که به‌کره‌ای‌آتشین می‌مانند و حجمشان‌گاهی‌کم و زمانی خیلی زیاد است . این‌قبیل اجرام را بولید (Bolide) می‌نامند. غالباً بولیدها از جوّ زمین‌عبورمی‌کنند وناپدید می‌شوند. اماگاهی‌مانندقطعه‌سنگی‌به‌زمین می‌افتند یا مانندخمپاره‌ای درهوا محترق می‌شوند وقطعات سوختهٔ آنها فرود می‌آیند،این‌قطعات به قطعات سنگ می‌مانند و به همین جهت آنها را سنگ آسمانی (Aérolite) گویند؛ وزن‌آنها ازچند هکتوگرم تا چند تن می‌رسد و ازهمان عناصری تشکیل یافته‌اند که درکرهٔ زمین مشاهده می‌شوند ، ازقبیل‌آهن(بحدوفور) ونیکل وکبالت وغیره .

دستگاه کپرنیك و قوانین منظومهٔ شمسی

۱۲۵- دستگاه کپرنیك - چنانکه سابقاً اشاره کردیم ، قدما زمین را مرکز عالم می‌دانستند و تصور می‌کردند که خورشید و سایر ستارگان دورآن‌می‌گردند وستارگان‌را نقاط درخشنده‌ای می‌پنداشتند که به آسمان چسبیده‌اند . این عقیده در میان اهل فن رایج بود تا **کپرنیك** منجم لهستانی(۱۴۷۳-۱۵۴۳) پس از سی سال رصد ستارگان ومشکلاتی‌که درضمن عمل مشاهده می‌شد قوانین زیررا نتیجه‌گرفت:

الف - سیارات اجسام مستدیری هستندکه‌به‌دورخود می‌گردند وبخصوص زمین درمدت یك شبانه‌روز نجومی ، یك دور به‌گرد محور



شکل ۶۸

خویش‌دوران می‌کند. (همین دوران‌است‌که‌حرکت ظاهری‌شبانه‌روزی ستارگان را توجیه می‌کند.)

ب- سیارات‌عموماً به‌دورخورشیدمدارهای‌مستدیری‌می‌پیمایند وبخصوص زمین مدارخود را درظرف ۳۶۵٫۲۵ روز طی می‌کند.

۱۲۶- قوانین کپلر - از رصدهایی که تیکوبراهه انجام داد، کپلر این قوانین را بیان کرد:

قانون اول کپلر- هرسیاره مداری مستوی و بیضی‌شکل دارد که صفحهٔ آن نسبت به دایرةالبروج مایل است وخورشید در یکی از کانونهای‌آن قرار دارد.

قانون دوم کپلر- شعاع‌حامل‌هرسیاره (خط واصل مابین‌سیاره وخورشید) درزمانهای متساوی، سطوح متعادل می‌پیماید (شمارهٔ۶۶).

قانون سوم کپلر- مجذورات زمانهایی‌که در پیمودن دورهٔ نجومی سیارات لازمند، متناسبند با مکعبات فواصل‌آنها از خورشید، بطوری که هرگاه مدت یك‌دورهٔ نجومی سیارات t وt' وt'' و... و نصف قطراطول بیضی‌آنها a وa' وa'' و... فرض شوند، این تناسب محقق است:

$$\frac{t^2}{a^3}=\frac{t'^2}{a'^3}=\frac{t''^2}{a''^3}=\cdots$$

راه اثبات قانونهای اول ودوم همان‌است‌که دربارهٔکرهٔ زمین‌بیان کردیم. اما قانون سوم با استفاده ازچند قضیهٔ مربوط به‌نیروی‌جاذبه اثبات می‌شود که از ذکرآن در این مقام چشم می‌پوشیم.

واضح‌است‌که هرگاه دورهٔ نجومی یك‌سیاره معلوم‌باشد، می‌توان فاصلهٔ آن را از خورشید بدست آورد و بعکس، چه همواره ممکن است درتناسب فوق a و t را بترتیب نصف قطر اطول مدار ومدت‌یك دورهٔ نجومی زمین گرفت. بنابراین هرگاه a' معلوم باشد مقدارt' را می‌توان حساب کرد و بعکس.

مثال - برای سهولت فرض می‌کنیم $a=1$ و سال۱$=t$ و نصف قطر مدار زهره $a'=0٫72333$ باشد، پس چنین خواهیم داشت:

$$t'=t\sqrt{a'^3:a^3}=1\,\text{سال}\times\sqrt{(0٫72333)^3:1^3}$$
$$=1\,\text{سال}\times\sqrt{(0٫72333)^3}=0٫615185\,\text{سال}=224\,\text{روز}$$

۱۲۷ـ قانون بُد ـ سیارات دوربینی یا شبه‌سیاراتـ بُد که یکی ازمنجمان آلمانی قرن هجدهم مسیحی‌است چنین یافت که‌هرگاه ۹ عدد چنان ترتیب دهیم که اولی آنها صفر ، دومی ۳ و بقیه هریك مضاعف ماقبل‌خودباشد و برهرکدام چهارواحد بیفزاییم، نسبت‌تقریبی بُعد سیارات از آفتاب بدست می‌آید ، به‌این ترتیب :

۳۸۴	۱۹۲	۹۶	۴۸	۲۴	۱۲	۶	۳	۰

که بعد از افزایش ۴ چنین می‌شود :

۳۸۸	**۱۹۶**	**۱۰۰**	**۵۲**	**۲۸**	**۱۶**	**۱۰**	**۷**	**۴**
نپتون	**اورانوس**	**زحل**	**مشتری**	**؟**	**مریخ**	**زمین**	**زهره**	**عطارد**

یا چون فاصلهٔ زمین را واحد فرض‌کنیم ، چنین‌خواهیم داشت:

۳۸/۸	۱۹/۶	۱۰	۵/۲	۲/۸	۱/۶	۱	۰/۷	۰/۴
				؟				

حال اگر مطابق قانون سوم کپلر فواصل سیارات را حساب‌کنیم معلوم خواهد شدکه اعداد فوق‌هریك درمقام‌خود تقریباً صادقندمگر فاصلهٔ نسبی نپتون‌که‌به‌جای۳۸/۸باید۳۰محسوب‌شود. بعلاوه چنانکه درجدول ملاحظه می‌شود از عدد ۲۸ یا ۲/۸ صرف‌نظرشده است . اما نظر به‌قانون سوم‌کپلر وامتحان اعداد فوق، توجه منجمان به‌عدد۲/۸ جلب شد وچنین حدس زدندکه دراین‌فاصله نیزباید سیاره‌ای باشدکه هنوز دیده نشده است. این خیال درخاطر آنها بود ومخصوصاً کپلر نیز نسبت موافقی‌مابین‌فاصلهٔ سیارات یافته‌بود جزمیان مریخ ومشتری‌که آنجا توافق حاصل نمی‌شد. تا درشب اول قرن هجدهم **پیازی** منجم، سیارهٔ **سرس** را مابین مدار مریخ ومشتری یافت وسپس سیارهٔ **پالاس** پیدا شد. قلت حجم این‌دوسیاره موجب این حدس شدکه‌این‌هردوباید

شکسته‌پاره‌های سیاره‌ای باشندکه دراین مدار دوران می‌کرده است ، چنانکه ازسایرقطعات‌آن تا امروز۱۵۰۰عددکشف شده‌که چون مدار تمام‌آنها مابین۲/۲و۳/۲ است ، مؤید همین حدس می‌باشد و به‌همین جهت‌آنهارا شبه‌سیارات‌یا سیارات‌خردگفته‌اند. مابین‌این‌شبه‌سیارات، آن‌که از همه بزرگتر و روشن‌تر است وگاهی به‌چشم هم دیده می‌شود شبه سیارهٔ **وستا**ست که قطرش۴۰۰ کیلومترمی‌شود .

مدار این شبه سیارات عموماً بیضیهایی با خروج از مرکزهای متفاوت‌است‌که سطح مدارآنها عموماً نسبت به‌دایرة‌البروج مایل‌است (مطابق قانون اول کپلر).

۱۲۸ ـ قانون نیوتن ـ نیوتن (۱۶۴۲-۱۷۲۷) علت فیزیکی حرکت سیارات را با استفاده از خواص حرکت دورانی یکنواخت و قوانین‌کپلر کشف‌کرد . قانونی‌که وی بدست‌آورد چنین بیان می‌شود: **همهٔ اجسام‌با نیرویی‌متناسب با جرمشان ومعکوساً متناسب با مجذورفاصله‌شان یکدیگر را جذب می‌کنند .**

قانون فوق با فرمول زیر بیان می‌شود :

$$F = f\,\frac{mm'}{d^2}$$

که درآن F نیروی جاذبه ، m و m' بترتیب جرم هریك از دو جسم و d فاصلهٔ آنهاست . در دستگاه $C.G.S$ مقدار ثابت f برابر است با $6{,}67 \times 10^{-8}$ دین . این مقدارثابت را **ثابت جاذبهٔ عمومی** می‌نامند .

۱۲۹- ثقل ، حالت خاصی‌است ازجاذبهٔ عمومی (نیوتنی)-
ثابت می‌کنیم‌که مثلا نیروی جاذبه‌ای‌که ماه را برمدارش نگاه می‌دارد همان نیروی ثقل است .

فرض می‌کنیم‌که m جرم ماه ، T دورهٔ نجومی‌آن (۲۷/۳روز) و d فاصلهٔ‌آن تا زمین باشد. نیروی جاذبهٔ زمین برماه عبارت‌است از:

$$\mathbf{F}=\mathbf{m}\omega^{۲}\mathbf{d}=\mathbf{m}\frac{۴\pi^{۲}}{\mathbf{T}^{۲}}\mathbf{d}=\mathbf{m}\left(\frac{۲\pi}{۲۷/۳\times ۲۴\times ۶۰\times ۶۰}\right)^{۲}\times ۶۰\mathbf{r}$$

$$=\mathbf{m}\left(\frac{۲\pi \mathbf{r}}{۳۹۳۱۲}\right)^{۲}\cdot\frac{۱}{۶۰\mathbf{r}}=\mathbf{m}\times ۰/۲۶\mathbf{cm}$$

اگر نیروی ثقل همین نیروباشد، وزن ماه،که برروی‌کرهٔ زمین برابر است با mg ، درواقع عبارت است از:

$$\mathbf{P}=\frac{\mathbf{mg}}{۶۰^{۲}}$$

یعنی $\mathbf{P}=\mathbf{m}\times ۰/۲۷\mathbf{cm}$

می‌بینیم که $\mathbf{F}=\mathbf{P}$

۱۳۰ - فرضیهٔ تکوینی لاپلاس - چنانکه قبلاً دیدید ، تمام سیارات ازمغرب به‌مشرق‌وتقریباً دریك سطح به‌دورآفتاب می‌گردند، وتمام قمرهای سیارات نیزتقریباً درهمان‌سطح مدارسیارهٔ خود به‌گرد آن دور می‌زنند. بالاخره خورشید وسیارات وقمرهای‌آنها درحرکت وضعی نیز تقریباً درهمان یك سطح ودریك جهت متحرکند .

پس بنا به‌عقیدهٔ **لاپلاس** ، ظن قوی این است که درآغاز تودهٔ گازی عظیمی (مانند سحابیها) درکار بوده و حرکتی دورانی از مغرب به‌مشرق‌داشته‌است وبراثرسردشدن، تمام‌مولکولهای‌آن به‌سمت مرکز

فشارآورده‌اند. همین فشار موجب ازدیاد دما و نقصان حجم‌آن‌شده و پس از میلیونها سال‌که حالت انقباض پایان یافته ، رفته‌رفته دمای‌آن نیز پایین‌آمده و سحابی تبدیل به ستاره شده است . ستاره نیزدرحول محورخود بسرعت دوران کرده و توده‌هایی از منطقهٔ استوایی آن که قوهٔ‌گریز ازمرکزش بیشتر است جداگشته و سیارات بوجودآمده‌اند . سیارات هم به‌نوبهٔ‌خویش قطعاتی‌ازخود پرتاب نموده وماههای‌سیارات تشکیل شده‌اند .

فصل نهم

ثوابت

۱۳۱- تعریف - کواکب، یا ثوابت، ستارگانی هستندکه ازخود نور دارند وازلحاظ ابعاد وساختمان به‌خورشید می‌مانندوکوچکی آنها ازنظر ما فقط به‌علت فاصلهٔ بسیار زیادآنهاست .

مشخصات آنها درست عکس مشخصات سیارات است : نور آنها خاموش‌وروشن‌می‌شود(چشمك می‌زنند)، اوضاع‌نسبی‌آنها تغییر ناپذیر و قطر ظاهری‌آنها صفر است .

منجمان قدیم کواکب را بر حسب **درخشندگی ظاهری** آنها به **شش‌قدر** طبقه‌بندی‌کرده‌اند . قدر اول درخشنده‌ترین‌کواکب وقدرششم کم‌نورترین کواکبی هستند که به‌چشم برهنه دیده می‌شوند . در تمام آسمان جمعاً درحدود ۶۰۰۰ کوکب به‌چشم برهنه دیده می‌شوند .

منجمان‌معاصر، پس‌ازاختراع‌دوربین‌وتلسکوپ، همین‌طبقه‌بندی را نگاه داشتند وآن‌را به‌کواکب تلسکوپی‌هم‌گسترش‌دادند. برای‌بسط این طبقه بندی به تمام کواکب از دستور زیرکه به دستور پوگسون معروف‌است استفاده می‌کنند: **قدرکوکبی به‌اندازهٔ یك واحدکاهش می‌یابد وقتی‌که درخشندگی ظاهری‌آن ۲/۵ بار افزایش یابد** . این دستور چنان

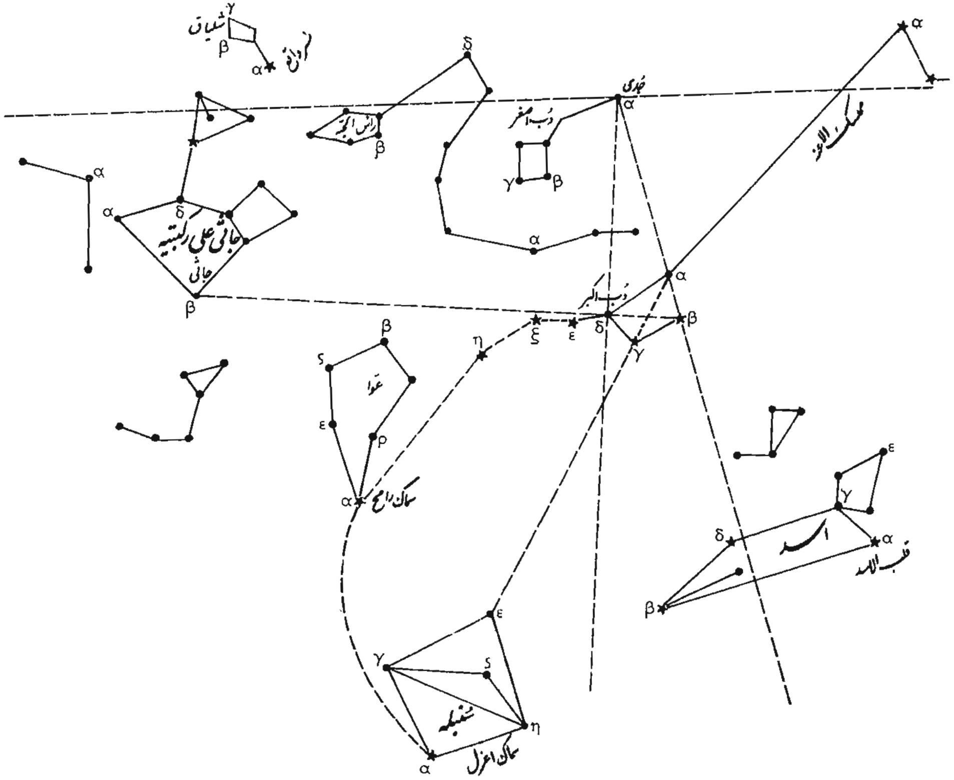
است که طبقه‌بندی امروزی با فهرستهای تنظیمی **ابرخس** و **بطلمیوس** مطابقت دارد .

۱۳۲ - شناسایی صور- برای شناسایی صورفلکی باید مقدمتاً صورتهای دب اکبر و دب اصغررا چنانکه درشمارهٔ ۶ مذکورشد، پیدا کنیم . در دم دب اکبر، نزدیك‌کوکب ماقبل‌آخر، یك‌کوکب ازقدرششم است موسوم به **سُها** که قوت چشم را به‌آن می‌آزمایند .

حال اگرکوکب δ ازصورت دب اکبررا به‌ستارهٔ قطبی وصل‌کنیم واین‌فاصله‌را بقدرخودش امتداد دهیم، به‌صورت **ذات‌الکرسی** خواهیم رسیدکه همیشه قرینهٔ دب‌اکبراست نسبت به‌ستارهٔ جدی وتقریباً شبیه به‌صندلی معکوسی می‌نماید(شکل ۶۹)؛ وچون همان خط را درهمان جهت امتداد دهیم به‌صورت‌دیگری می‌رسیم موسوم به **فرس اعظم**، و دنبالهٔ همین صورت را **اِمْرَأةُالمُسَلْسَلَة** می‌نامند، سه‌کوکب α وβ وγ از فرس به‌انضمام α ازصورت‌امرأةالمسلسله‌را مربع‌فرس‌یا **قطعةالفرس** گویند. چهارکوکبی‌که درچهاررأس مربع واقعند از قدر سومند.چون β از امرأةالمسلسله را به γ آن وصل کرده و امتداد دهیم به صورت **برساوش** خواهیم رسید که α از این صورت موسوم به **رأس‌الغول** به‌انضمام امرأةالمسلسله و قطعةالفرس، شکلی مشابه دب اکبر تشکیل می‌دهند. رأس‌الغول یکی ازثوابتی است‌که نورآن **متغیر** واز قدر دوم تا چهارم تغییر می‌یابد .

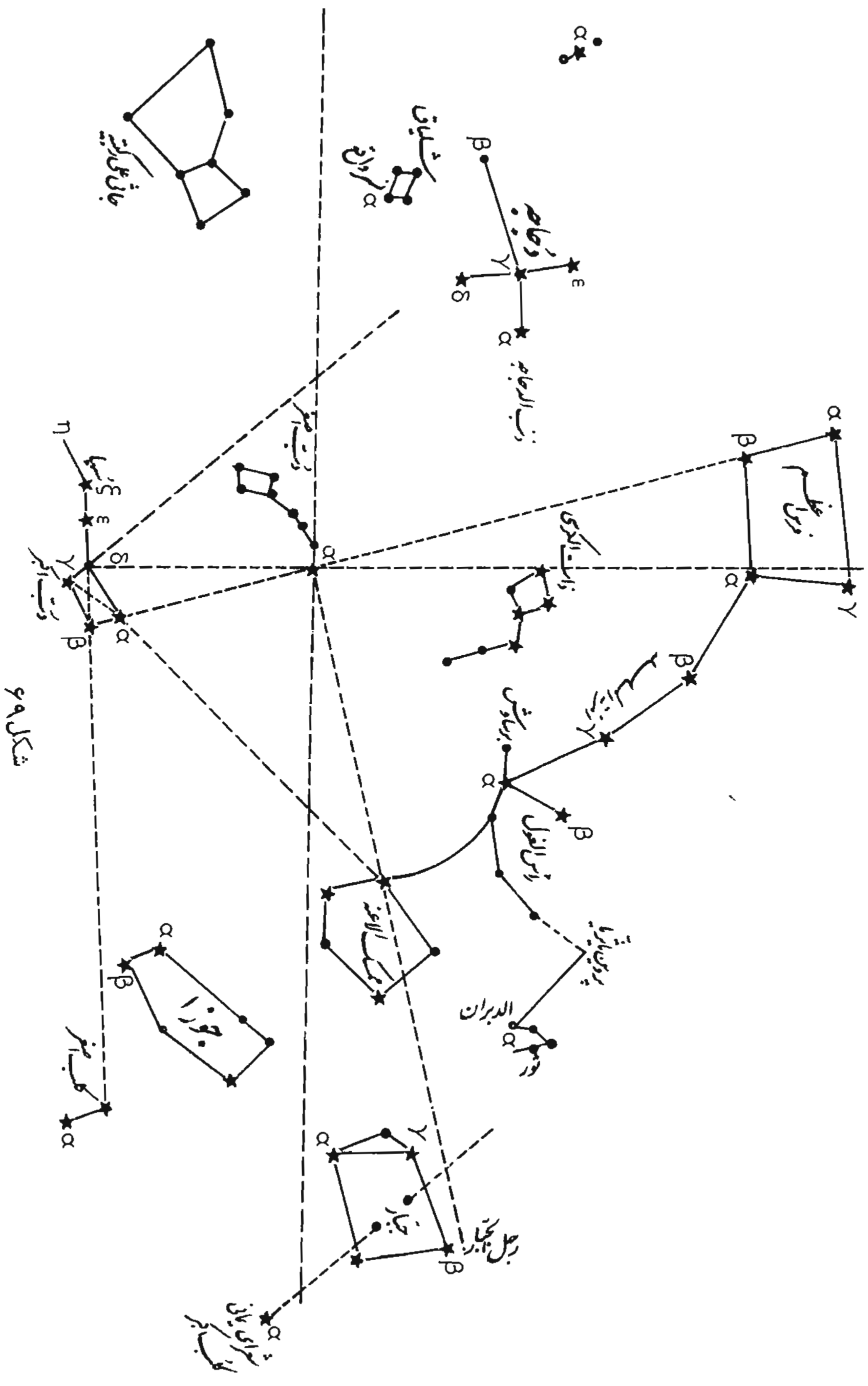
چون قطرچهارضلعی دب اکبررا (از α به γ) وصل‌کنیم و این فاصله را به اندازهٔ هفت برابرآن امتداد دهیم ، به‌کوکبی از قدر اول می‌رسیم‌موسوم‌به **سماك اعزل** که خود α ازصورت سنبله‌است(شکل ۷۰).

چون ضلع $\alpha\beta$ از دب اکبر را امتداد دهیم به‌صورت اسد خواهیم رسید، وکوکب α ازاین صورت راکه ازقدراول است **قلب‌الاسد** گویند (شکل ۷۰). واگر کوکب γ را از چهارضلعی دب‌اکبر به δ آن وصل نموده و بقدر ۶ برابر $\gamma\delta$ امتداد دهیم، کوکب **نسر واقع** از صورت شلیاق را خواهیم دید (شکل ۷۰).



شکل ۷۰

چون قطر $\delta\beta$ از چهارضلعی دب‌اکبر را وصل نموده و بقدر ۶ برابر آن امتداد دهیم، در نزدیکی این خط صورت **جاثی علی رکبتیه** را مشاهده



شکل ۶۹

خواهیم‌کرد (شکل ۷۰) ؛ وهمین خط را اگر درجهت $\delta\beta$ امتداد دهیم به‌همان فاصله به‌صورت جوزا خواهیم رسید .

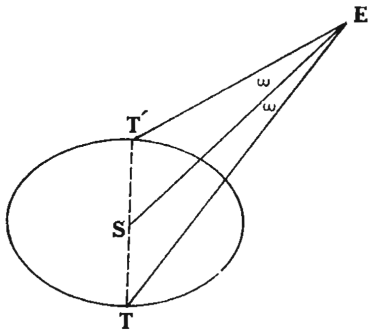
۱۳۳- صوردوازده برج- چنانکه قبلاگفته‌شد، دوازده صورت برمنطقةالبروج توهم‌کرده‌اندکه هریك ۳۰درجه ازهم فاصله دارند و آنها عبارتند از: حمل ، ثور، جوزا ، سرطان ، اسد ، سنبله ، میزان ، عقرب ، قوس ، جدی ، دلو، حوت . ازکواکب مهمهٔ ثور **اَلدَّبَران** است که‌برچشم ثورواقع‌است ودرنزدیکی‌این‌صورت‌مجموعهٔ**ثریا** یا **پروین** قراردارد‌که به‌خوشهٔ انگورتشبیه شده‌است. نزدیك‌ثریاصورت باشکوه **جبّار**واقع‌است‌که به‌شکل‌چهارضلعی‌است‌که سه‌کوکب‌نزدیك همدیگر مانند حمایلی درمیان‌آن قراردارند ومهمترین‌کواکب چهارضلعی‌آن: **رجل‌الجبّار** ، **ابط‌الجوزا** و **منکب‌الجوزا** می‌باشند. چون سه‌کوکب حمایل‌آن‌را وصل نموده وامتداد دهیم، به‌کوکب فوق‌العاده درخشانی خواهیم رسید موسوم به **شعرای یمانی**که α آسمان‌است، واین‌کوکب خود جزءِ صورت **کلب‌اکبر**است .

دیگر ازکواکب مهمه **قلب‌العقرب** است‌که قرمزبنظرمی‌آید و با دوربین‌مضاعف دیده می‌شود. درنزدیکی‌سنبله صورت **عوّا** واقع‌است که‌کوکب‌معروف‌**سماك‌رامح**جزءِ آن‌است. درنزدیکی عوّا **اکلیل‌شمالی** است که به‌شکل نیمدایره تشکیل یافته است .

فواصل ثوابت

۱۳۴ ـ اختلاف منظر سالانهٔ ثوابت ـ گفتیم که قطر ظاهری کواکب صفر است ، بنابراین اختلاف منظرآنها نیز صفر است. پس

باید مبنایی بزرگتر از شعاع کرهٔ زمین اتخاذ کرد . لذا به‌جای شعاع زمین ، شعاع مدارکرهٔ زمین را مبنی گرفته و بنابراین گوییم : اختلاف منظر سالانهٔ کوکب E (شکل۷۱)زاویهٔ ω است که‌از کوکب‌مفروض E ، شعاعی‌ازمدار زمین‌که بر SEعموداست‌تحت‌آن زاویه رؤیت شود .



شکل ۷۱

۱۳۵- اندازهٔاختلاف منظرسالانه- هرگاه زاویهٔاختلاف‌منظر سالانهٔω دردست باشد، بسهولت می‌توان فاصلهٔ‌کوکب E را بدست‌آورد، زیرا ازمثلث قائم‌الزاویهٔ EST چنین خواهیم داشت : * $TE=\frac{TS}{\sin\omega}$

دراین دستور TS فاصلهٔ زمین ازخورشید معلوم است ، لذا کافی است‌مقدارω را تعیین‌کنیم؛ سهلترین‌وسیله برای‌تعیین‌اندازهٔω‌این‌است که دو دفعه به‌فاصلهٔ شش ماه که زمین در دونقطهٔ متقاطر T و T' واقع می‌شود ، کوکب E را رصد کنیم و زوایای STE و ST'E را اندازه بگیریم . پس برای مقدارω چنین خواهیم داشت :

$$۲\omega = ۱۸۰^\circ - (\widehat{STE}+\widehat{ST'E})$$

اما زاویهٔ ω همواره بقدری‌کوچك‌است(همیشه کوچکتر ازیك ثانیه)

* TS را واحد نجومی‌گویندکه اندازهٔ‌آن ۱۴۹ میلیون‌کیلومتراست . وقتی که صورت‌کسر بالا یعنی TS برابر یك واحد نجومی و $\omega = ۱''$ باشد ، مقدار آن کسر ۳۰ تریلیون کیلومتر خواهد شد که آن را **پارْسِك** می‌نامند .

که‌کمترین‌خطایی دراندازه‌گرفتن دوزاویهٔ T و 'T، موجب بزرگترین خطا درفاصلهٔ E می‌شود ، لذا باید در اندازه‌گیری آن‌دو زاویه بسیار دقت‌کرد ؛ چنانکه هرگاه مقدار ω را ″۱ فرض‌کنیم ، فاصله‌اش از ۳۰ تریلیون‌کیلومتر متجاوزخواهد شد ومسلماً فواصل‌کواکبی‌که تاکنون معین شده است متجاوز از ۳۰ تریلیون‌کیلومتر است[1] .

حرکت خاص کواکب ثابت

۱۳۶- طیف- موضوع جالب‌توجهی‌که اخیراًعلم هیئت ونجوم‌را به‌ترقیات شگرفی رسانیده وهنوز هم در اطراف آن مطالعات زیادی بعمل می‌آید ، مسئلهٔ طیفها و دوربینهای دقیق و حساس عکاسی است.

می‌دانیم که هریك ازعناصر طیفی مخصوص به‌خود دارد. پس ، از تجزیهٔ نوری که از ستارگان می‌رسد ، می‌توان عناصر مشکّلهٔ آن ستاره را شناخت .

علاوه‌براین‌هرگاه فاصلهٔ‌منبع‌نوری نسبت به‌ما کم‌شود،طول‌موج نوری‌که ازآن منبع می‌رسدکوتاهترخواهد شد وخطوط طیف‌به‌سمت نوربنفش جابجا می‌شوند، و چون فاصلهٔ‌آن منبع زیاد شود طول موج بزرگترخواهدشد وخطوط‌طیف به‌سمت نورقرمزجابجا می‌شوند. پس ازتغییرمحل خطوط طیف می‌توان سرعت یك ستاره را نسبت به‌زمین ومنظومهٔ شمسی حساب‌کرد . چون این موضوع را نخستین‌بار دوپلر بیان‌کرد ،آن را **اثر دوپلر** می‌گویند .

برای‌محاسبهٔ سرعت مطلق یك‌ستاره، فرض می‌کنیم‌که ستارهٔ A

۱- نزدیکترین‌کوکب به‌منظومهٔ‌شمسی‌ما ستاره‌ای‌است به‌نام α ازصورت قنطورس که فاصلهٔ آن از ما متجاوز از ۴ سال نوری یا ۱/۳ پارسك است . اختلاف منظر سالانهٔ این ستاره درحدود ۰/۷۶ ثانیه است .

درحرکتی‌که نسبت به‌خورشید S دارد ، سرعتش V باشد .

V را به دو حامل V_n که بر شعاع دید عمود است و V_r که در امتداد شعاع دید است ، تجزیه می‌کنیم (شکل۷۲).

شکل ۷۲

اما مؤلفهٔ V_n تغییرمکان خفیفی‌است‌که ستاره‌درسطح‌کرهٔ‌ثوابت می‌دهد، به‌این‌معنی‌که‌اگر به‌فاصلهٔ دهها سال‌بدقت دودسته عکس‌ازیك دسته از ثوابت برداریم، بسهولت معلوم خواهد شدکه نمی‌توان‌این‌دو عکسها را درتمام نقاط متناظر برهم منطبق کرد ، چه عده‌ای‌ازثوابت درمیان‌آنها (مخصوصاً روشن‌ترینشان) نسبت به دیگران تغییرمکان داده‌اند . لذاگوییم: حرکت زاویه‌ای ثوابت عبارت‌است ازتغییرفاصلهٔ زاویه‌ای‌که هریك از ثوابت درمدت یك سال یا یك قرن درروی فلك ثوابت پیدا می‌کنند. وضعیت ثوابت ضعیف نیز به‌همین منوال‌است،چه ضعف نورآنها عموماً به‌واسطهٔ زیادی فواصلشان است وبه‌همین جهت تغییرمکانشان نیز نامحسوس است . پس چنانکه ملاحظه می‌کنیدکلمهٔ «ثوابت» را نباید به‌معنی حقیقی خودگرفت ومطلقاًآنها را ثابت تصور کرد. ولی باید دانست که این‌حرکت خاصه خیلی ضعیف‌است بطوری که دربیش ازپنجاه‌هزارثوابت‌که ملاحظه‌کرده‌اند فقط بیست‌عددشان است‌که حرکت سالانهٔ خاصهٔ‌آنها از ″۳ می‌گذرد وبزرگترین‌مقدارشان به‌ده ثانیه رسیده است .

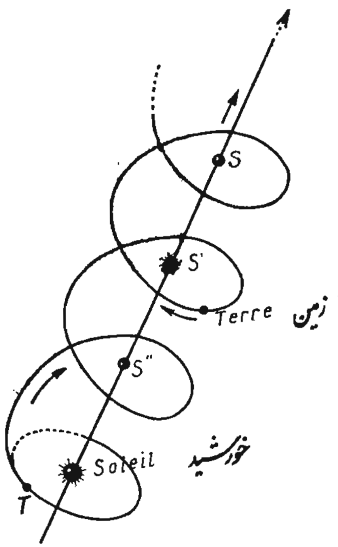
اما حامل V_r که درامتداد شعاع رؤیت است، سرعت شعاعی ستاره می‌باشد و بنابرآنکه فاصلهٔ ستاره از آفتاب روبه‌افزایش یاکاهش باشد، آن را مثبت یا منفی اختیار می‌کنند. سرعت V_r به‌وسیلهٔ اثر دوپلر اندازه‌گرفته می‌شود و چون V_n هم قابل اندازه‌گیری است، سرعت حرکت ستاره یعنی V وجهت آن را می‌توان مشخص کرد.

۱۳۷- حرکت منظومهٔ شمسی- چون عموم ستارگان حرکتهای وضعی وانتقالی دارند، خورشید که خود یکی ازستارگان است قاعدتاً نبایداز این دوحرکت مستثنی باشد. حرکت وضعی خورشید را قبلاً در شمارهٔ ۶۴ بیان کردیم. اینك ببینیم که حرکت انتقالی خورشید چگونه است. بدیهی است که حرکت انتقالی خورشید اهمیت زیادی دارد، زیرا اگر این حرکت در نظر گرفته نشود حرکت سایرستارگان مشخص نخواهد شد.

فرض کنیم خورشید به یك سمت درحرکت باشد. دراین صورت همانطورکه بنظرمی‌رسد درختان دوطرف جاده درموقع حرکت اتوموبیل در جلو از یکدیگر باز ودر پشت سر به‌هم نزدیك می‌شوند، بایستی ستارگانی که درطرف حرکت قراردارند فاصله‌شان از یکدیگر زیاد و درطرف مخالف ستارگان به‌یکدیگر نزدیك شوند. این استدلالی بود که ویلیام هرشل دانشمند انگلیسی در سال ۱۷۸۳ نمود و جهت سیر را با اختلاف ۱۰ درجه مشخص ساخت. چنین نقطه‌ای را که خورشید به‌سمت آن درحرکت است **آپکس** می‌نامند.

این نقطه درفاصلهٔ ۱۰ درجه از ستارهٔ نسرواقع ودرجنوب شرقی آن واقع است. سرعت حرکت خورشید ومنظومهٔ شمسی دراین حرکت نسبت به‌ستارگان نزدیك به‌آن درحدود ۲۰ کیلومتر درثانیه است.

مشاهدات دقیق‌تر نشان می‌دهد که خورشید و ستارگان نزدیك به‌آن در نتیجهٔ حرکت وضعی کهکشان به‌سوی صورت دجاجه درحرکتند و حرکت انتقالی خورشید در نتیجهٔ همین حرکت است. بنابراین حرکت، هیچیك از ملازمین آفتاب ممکن نیست دو مرتبه از یك نقطهٔ مشخص عبور کنند، و بعلاوه تمام اجرام سماوی دائماً در حرکتند، یعنی هرجا جسمی است، دارای حرکتی است اما مقصد این آسمان‌پیمایان بیشمار کجا وحد این فضای بی‌پایان چه جاست؟ اینها سؤالاتی است که علم بشر را هنوز قدرت جواب نیست!! **وما اوتیتم من‌العلم الاّ قلیلا**[1]. یعنی فقط اندکی از علم و دانش دردسترس شماگذارده شده است.



شکل ۷۳

ستارگان متغیر و سحابیها

۱۳۸- ستارگان مرکب- ستارگان مرکب ستارگانی هستند که با چشم یکی دیده می‌شوند اما چون با دوربین مشاهده‌کنیم دوتایی و سه‌تایی دیده می‌شوند. تاکنون چهل‌هزار ستارهٔ مرکب تشخیص داده‌شده

۱- قرآن سورهٔ هفدهم، آیهٔ ۸۵.

است که مهمترین آنها شِعرای شامی، شِعرای یمانی و ستارهٔ α از صورت قنطورس می‌باشد .

۱۳۹ـ ستارگان متغیر ـ ستارگان متغیر ستارگانی هستند که نورشان ثابت نیست. برخی از آنها همان ستارگان مرکب هستند. بدین معنی که یکی از ستارگان مرکب که از خود نوری ندارد جلو ستارهٔ مرکزی حایل شده و از رسیدن نور کامل آن جلوگیری می‌کند و موجب ضعف درخشندگی ستارهٔ اصلی می‌شود. تغییر نور اینگونه ستارگان متغیر منظم است و هریك دارای دورهٔ تناوب مخصوص به‌خود می‌باشد .

اما تغییر نور بیشتر ستارگان متغیر مربوط به‌عوامل داخلی آنهاست. اینگونه ستارگان متغیر به‌سه دسته تقسیم می‌شوند :

الف ـ ستارگان تپنده ـ این ستارگان به‌علت انبساط و انقباض پی‌درپی سرد وگرم و نورشان کم و زیاد می‌شود ، مانند ستارهٔ دلتا از صورت قیفاووس. دورهٔ تناوب بعضی از آنها درحدود نصف روز و برخی دیگر تا ۵۰ روز می‌رسد .

ب ـ ستارگان متغیر سرخ ـ تغییر نور این ستارگان به علت تغییر دمای طبقهٔ فوتوسفر آنها، یا به‌علت وجود ذرات مایع وجامدی است که ابرهایی تشکیل داده سپس متلاشی می‌شوند. تغییر اینگونه ستارگان متناوب نیست ، مانند ستارهٔ میراستی .

ج ـ ستارگان انفجاری ـ اینها ستارگانی کوچکتر از خورشید با وزن مخصوصی بیش از آن هستند. درمدت نسبتاً کوتاهی نور این ستارگان ناگهان زیاد وسپس بتدریج کم می‌شود. معروفترین آنها ستاره‌ای بود که در سال ۹۵۰ شمسی به وسیلهٔ تیکو براهه مشاهده شد . این ستاره که

درصورت ذات‌الکرسی واقع بود به‌روشنی زهره رسید ودرسال ۱۹۵۲ از نظر ناپدید شد .

۱۴۰ـ سحابیها ـ لکه‌های سفیدرنگی که درآسمان دیده می‌شوند سحابی نام دارند . سحابیها را می‌توان به‌چند دسته تقسیم کرد :

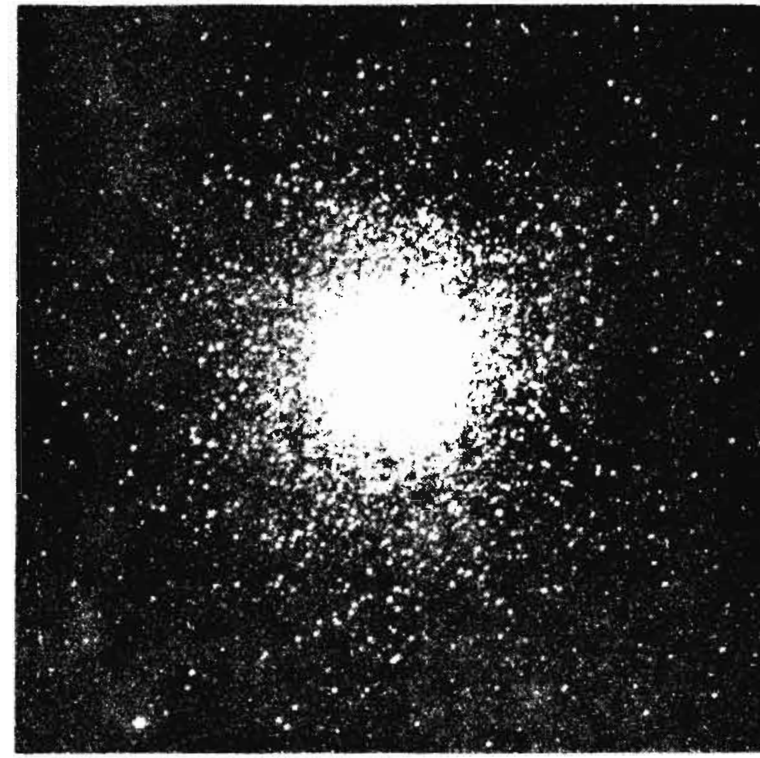
۱ ـ **سحابیهای سیاره‌ای ـ** این نوع سحابی عبارت است از ستاره‌ای مانند خورشید که گرد آن را پوششی از گاز فراگرفته است. این پوشش تقریباً یك‌صدم جرم ستاره را تشکیل می‌دهد ودائم درحال انبساط است تا موقعی که ازهم متلاشی شود. تاکنون چندصد سحابی از این نوع دیده شده ومهمترین آنها سحابی حلقه درصورت شلیاق است .

۲ ـ **توده‌های ستارگان ـ** این نوع سحابیها عبارتند از اجتماع بسیار زیادی از ستارگان که به‌علت بُعدمسافت وکمی فاصلهٔ زاویه‌ای به‌صورت لکه‌ای نورانی دیده می‌شوند. بعضی از این توده‌ها متعلق به‌کهکشان ما و برخی متعلق به‌کهکشانهای دیگر هستند ، مانند تودهٔ قنطورس (شکل ۷۴) .

۳ ـ **سحابیهای مطلق ـ** این سحابیها عبارتند از توده‌ای از گاز وذرات که براثر نور ستارگان مجاور به‌صورت لکهٔ روشنی درمی‌آیند، مانند سحابی امرأةالمسلسله .

۱۴۱ـ کهکشان ـ کهکشان منطقه‌ای است از آسمان که به‌صورت ابرکمرنگی دراطراف دایرهٔ عظیمه‌ای از آسمان دیده می‌شود و تقریباً به‌جاده‌ای می‌ماند که بارکاهی از آنجا عبور کرده وکاهها بتدریج ودرطول این جاده فروریخته باشد، وبه‌همین جهت آن‌را کهکشان نام نهاده‌اند.

کهکشان عبارت است از اجتماع میلیونها ستاره وگازها وذرات بین ثوابت که درمرکز به‌شکل کره بوده ودردوطرف آن دوبازوی **مارپیچی**



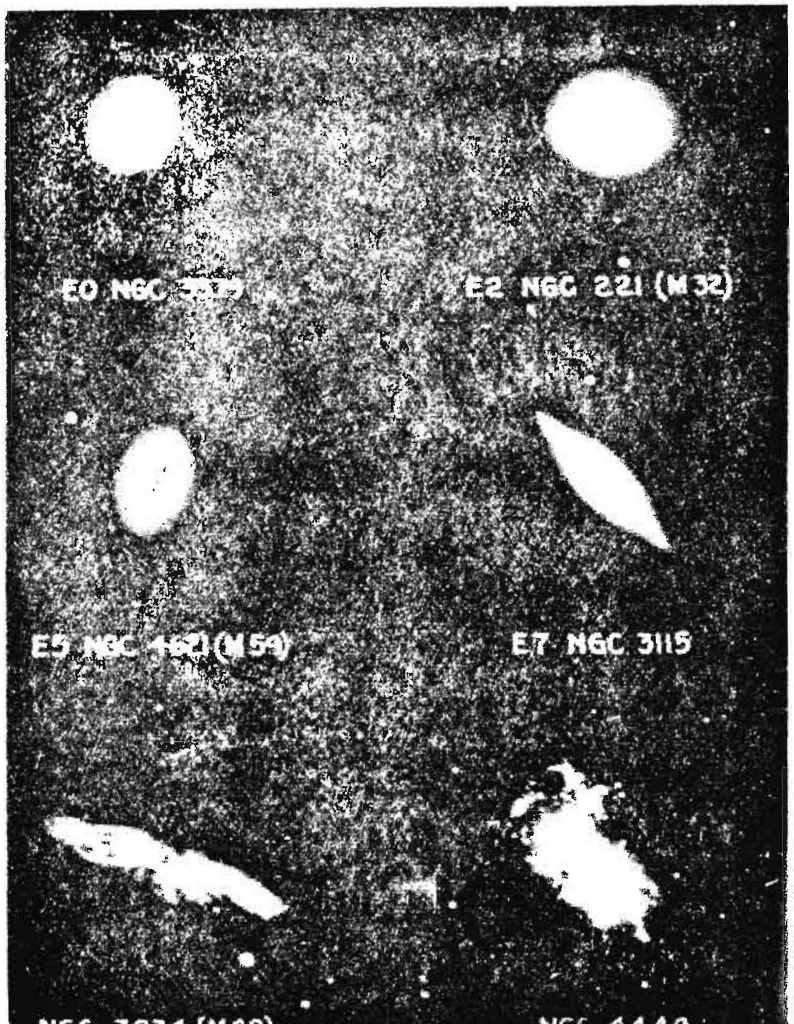
شکل ۷۴ ـ تودهٔ قنطورس

وجود دارد . قطر این مجموعه درحدود هشتادهزارسال نوری است و منظومهٔ شمسی ما دریکی از بازوها که ازمرکز به‌فاصلهٔ سی‌هزار سال نوری است واقع است .

کهکشان، خود دارای حرکت وضعی‌است. سرعت این‌حرکت‌در مجاورت‌خورشید دویست‌کیلومتردر ثانیه‌بوده ودورهٔ آن‌دویست‌میلیون سال است .

۱۴۲ـ کهکشانهای خارجی ـ علاوه برکهکشان ما ،کهکشانهای دیگری نیز وجود داردکه‌آنها راکهکشان خارجی می‌نامیم .

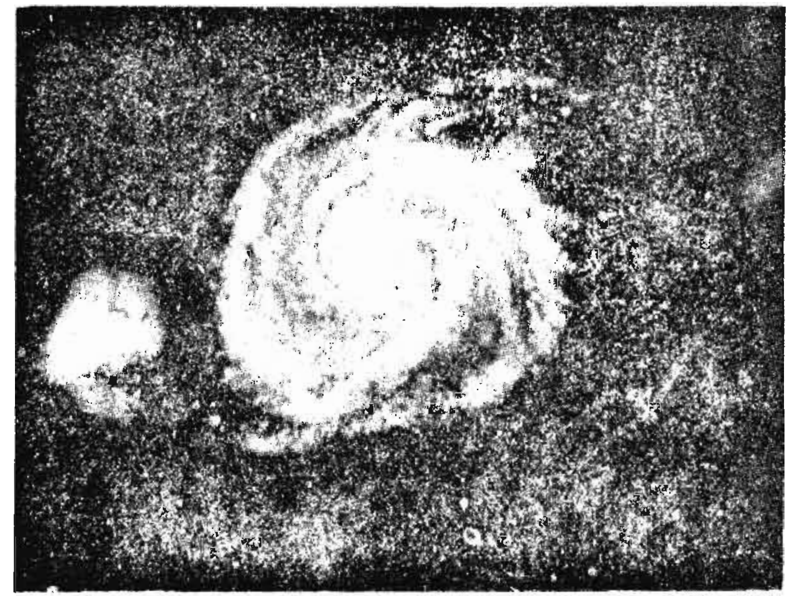
این‌کهکشانها درفضا تقریباً بطور یکنواخت پراکنده‌اند و از تجزیهٔ طیف آنها معلوم می‌شودکه فواصل آنها از ما و از یکدیگر در حال



شکل ۷۵ ـ کهکشانهای بیضوی وکهکشانهای نامنظم

ازدیاد است. بنابراین نتیجه گرفته‌اند که جهان درحال انبساط می‌باشد.

کهکشانها از نظر شکل به کهکشانهای بیضوی وکهکشانهای مارپیچی وکهکشانهای غیرمنظم تقسیم می‌شوند.



شکل ۷۶ ـ کهکشان «گردابی»

مثال بسیار خوبی برای ساختمان مارپیچی. توجه کنید که چگونه یکی از بازوها مانند پلی به خارج منظومه کشیده است.

مسائل

زمین و خورشید

۱ـ ساعتهای دومکان ساعت ۱۱ وساعت ۱۵ را نشان می‌دهند، تعیین کنید اولا اختلاف طول این دومکان را؛ ثانیاً درصورتی‌که هردو به‌عرض ۶۰ درجه باشند، طول قوسی از مدار واصل مابین این دومکان چقدرخواهد شد؟

۲ـ ساعت رم ۴۰ دقیقه و۱۵ ثانیه از ساعت پاریس جلوتر است. طول رم ازپاریس چقدر است؟

۳ـ شعاع استوایی زمین ۶۳۷۸ کیلومتر و عرض دانشگاه تهران قریب ۳۵ درجه و۴۱ دقیقه است. چه مسافتی باید به‌سمت مشرق یا مغرب پیمود تا اختلاف ساعت آنجا با دانشگاه تهران یک ثانیه شود؟

۴ـ درظهرحقیقی بیست‌ویکم مارس ۱۹۶۳، میل خورشید ۲/ ″۱۴′۸ − و در ظهر ۲۲ مارس ۴/ ″۲۸′۱۵+ بوده است، تعیین کنید ساعت تحویل آن سال را.

۵ـ در ظهر ۲۲ دسامبر ۱۹۶۳، بعد خورشید ۱۷ ساعت و۵۷ دقیقه و ۲۴ ثانیه و در ظهر ۲۳ دسامبر، ۱۸ ساعت و۱ دقیقه و۵۱ ثانیه بوده است، تعیین کنید در چه ساعتی زمستان شروع می‌شود.

۶ـ طول لنینگراد نسبت به‌پاریس °۲۷ و′۵۹ و″۸ شرقی است. پس‌وقتی که درپاریس ظهرباشد در لنینگراد چه ساعتی است؟

۷ـ می‌دانیم که ساعت تهران باید ۳ ساعت و۲۷ دقیقه از ساعت گرینویچ جلو باشد. طول تهران نسبت به‌گرینویچ چیست؟

۸ ـ طول گرینویچ نسبت به سانفرانسیسکو چیست درصورتی‌که بدانیم

که طولهای این دو شهر نسبت به ناکازاکی بترتیب ۱۲۹°۵۱′۱۳″ غربی و ۱۰۷°۴۹′۱۸″ شرقی است .

۹ ـ عرض تهران ۳۵°۴۱′ است ، اختلاف طول سایهٔ شاخصی در ظهر اول سرطان و اول جدی چقدر است ، بنا برآنکه طول شاخص ۱۲ سانتیمتر باشد و میل‌آفتاب درموقع اول ۲۳°۲۷′+ ودرموقع دوم ۲۳°۲۷′ − ؟

۱۰ ـ در چه عرضی ارتفاع نصف‌النهاری‌آفتاب به ۳۰° می‌رسد، دراول انقلاب تابستانی‌که میل خورشید ۲۳°۲۷′ است .

۱۱ ـ در شهری واقع در نیمکرهٔ شمالی در اول انقلاب تابستانی سایهٔ منارهٔ قائمی ۸/۸۲۱ متر است ، و در اول انقلاب شتوی به ۵۷/۱۱ متر می‌رسد ، تعیین‌کنید عرض آن شهر و میل دایرةالبروج را بنا برآنکه ارتفاع مناره ۲۰ متر باشد .

۱۲ ـ تعیین کنید به‌ازای چه مقداری از میل خورشید هنگام ظهر سایهٔ شاخص در تهران به‌طول خودش خواهد شد ، در صورتی‌که عرض تهران ۳۵° و ۴۱′ باشد .

۱۳ ـ ارتفاع دیوار جنوبی حیاطی در تهران ۴/۵ متر است . تعیین کنید در اول سرطان و اول جدی سایه‌اش به‌چه فاصله‌ای ازپای دیوار می‌رسد (عرض تهران ۳۵° و ۴۱′).

۱۴ ـ تعیین‌کنیدکه در حرکت وضعی زمین ، شهر تهران با چه سرعتی درثانیه به دور محور زمین می‌گردد بنا برآنکه شعاع زمین ۶۳۶۶ کیلومتر و عرض جغرافیایی تهران ۳۵° و ۴۱′ باشد .

۱۵ ـ عرض تهران ۳۵° و ۴۱′ است. تعیین کنید مابین چه حدودی از میل واقعند : اولا کواکبی‌که همیشه در این شهر مرئی هستند . ثانیاً کواکبی که طلوع وغروب دارند . ثالثاً کواکبی‌که همیشه درزیر این افق می‌باشند.

۱۶ ـ بنا برآنکه مدت سال نجومی ۳۶۵/۲۵ روز و مدت یك دورهٔ هلالی قمر ۲۹/۵۳ روز باشد ، حساب‌کنید مدت دورهٔ نجومی‌آن را .

۱۷ ـ بنا بر آنکه مدت دورهٔ نجومی قمر ۲۷/۳۲ روز و مدت دورهٔ نجومی زمین ۳۶۵/۲۵ روز باشد ، تعیین‌کنید دورهٔ هلالی قمر را .

۱۸ ـ میل دایرةالبروج نسبت به معدل‌النهار ۲۳″ و ۲۷′ است و مدار قمر نسبت به‌دایرةالبروج ۵° و ۸′ تمایل دارد . تعیین‌کنید ارتفاع نصف‌النهاری قمردرتهران،که به‌عرض ۳۵° و ۴۱′ است ، مابین چه‌حدودی تغییر می‌پذیرد .

۱۹ ـ در۳۱ دسامبر۱۹۲۷، ماه در ساعت ۱۸ و۸ دقیقه به نصف‌النهار پاریس گذشته است ، در صورتی که بطور متوسط شبانه‌روزی ۵۰ دقیقه و ۳۰ ثانیهٔ زمانی ازخورشید عقب بیفتد می‌خواهیم بدانیم‌که در چه روزی و در چه ساعتی بیست ویکمین عبورش از نصف‌النهار پاریس صورت‌گرفته است .

۲۰ ـ قطرمرئی‌زمین وقتی‌که ازقمرمشاهده شود چقدراست، بنابرآنکه حجم زمین ۴۹ برابر قمر و قطر مرئی قمر ۳۱′ باشد ؟

۲۱ ـ بنابرآنکه شب اول ماه قمری در ساعت ۶، قمر نیم ساعت بعد از آفتاب غروب‌کرده باشد ، تعیین کنید چه شبی بهترین موقع مسافرت است‌که تمام شب را مهتاب داشته باشیم در صورتی‌که قمر در هر شبی ۵۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه از آفتاب عقب بیفتد . و در آن شب قمر در چه ساعتی طلوع و غروب خواهد کرد .

۲۲ ـ کوکبی دوساعت زودتر ازکوکب دیگری به‌نصف‌النهار مکان معینی گذشته است ، تعیین‌کنید اختلاف بعدآنها را به‌حسب درجه .

۲۳ ـ دوکوکب ، یکی در ساعت ۸ و۳۵دقیقه و۴۵ ثانیه و دیگری در ساعت ۲۳ و ۳۰ دقیقه و ۲۷ ثانیه ، بر نصف‌النهار می‌گذرند . تعیین کنید اختلاف بعد آنها را .

۲۴ ـ عرض شمالی مکانی ۴۸° و۵۰′ است ؛ می‌خواهیم فاصلةالرأس کوکبی را در دو موقع عبورش بر نصف‌النهار علیا و سفلی حساب کنیم ، بنا برآنکه میل‌آن ۶۸ درجه باشد .

۲۵ ـ عرض تهران۳۵° و۴۱′ است ، تعیین‌کنیدکه میل‌کوکبی ، مابین چه حدودی باشدکه دراین افق طلوع و غروب نماید .

۲۶ ـ عرض پاریس ۴۸° و۵۰′ است و میل‌کوکب **A** ‏۸۰° ، تعیین‌کنید فاصلةالرأسهای‌آن‌کوکب را در دوموقع عبورش بر نصف‌النهار پاریس.

۲۷ ـ میل‌کوکب **A** ‏۳۲° شمالی است ؛ در چه افقهایی این‌کوکب دائماً مرئی است ؟ ودر چه افقهایی همیشه به‌حال غروب است ؟

۲۸ـ میل کوکبی °۴۲ است و در حرکت شبانه روزی خود به ارتفاع ۴۸ درجه درشهر مفروضی می‌رسد ، تعیین کنید عرض آن شهر را .

۲۹ـ بنا برآنکه Z فاصلهٔ سمت‌الرأسی کوکب e در موقع عبورش بر نصف‌النهارمکان مفروضی باشد که به‌عرض λ است و δ میل آن کوکب، دستوری بنا کنید که ازآن‌رو بتوان δ را به‌توسط دومقدار Z و λ بیان کرد وثابت کنید که این دستور به‌تمام حالات مسئله تعلق می‌یابد .

۳۰ـ هرگاه نزدیکترین ثوابت به ما (رجل قنطورس) که نورش در ۴ سال تقریباً به زمین می‌رسد ، درسطح استوا واقع باشد و فرض کنیم که شبانه‌روزی یك مرتبه به‌دور زمین بگردد (برطبق هیئت قدیم) سرعتش درهر ثانیه چقدر باید باشد بنا برآنکه سرعت نور در هر ثانیه سیصد هزار کیلومتر محسوب‌گردد .

۳۱ـ کوکبی درساعت ۸ و۳۵ دقیقهٔ عصر به نصف‌النهار تهران‌گذشت و درساعت ۱۲ و۲ دقیقه به نصف‌النهارگرینویچ عبور خواهدکرد . طول تهران نسبت به‌گرینویچ چیست ؟

۳۲ـ هرگاه انحراف آونگ در شهری بعد از یك ساعت ۸۰ درجه و ۵۰ دقیقه باشد ، عرض جغرافیایی آن شهر چقدر است ؟

سیارات ـ قوانین کپلر

۳۳ـ اگرفاصلهٔ زمین‌ازخورشید واحد فرض شود، فاصلهٔ زهره ازآفتاب ۰/۷۲۳ خواهد شد ؛ پس اگر فرض کنیم که مدارات کواکب به دورآفتاب مستدیر و مدت دورهٔ نجومی زمین ۳۶۵/۲۵ روز وسطی باشد ، می‌خواهیم حساب‌کنیم : ۱ـ دورهٔ نجومی زهره را ، ۲ـ دورهٔ هلالی آن را ، ۳ـ بعد زاویه‌ای این‌کوکب را ازآفتاب هنگامی‌که فاصله‌اش از خورشید برابر فاصلهٔ آن از زمین باشد ، ۴ـ قطر ظاهری این ستاره را درموقع تربیع بنابرآنکه این قطر درهنگام مقابله $1'6''/7$ باشد .

۳۴ـ بنا برآنکه مدت یك دورهٔ نجومی زمین ۳۶۵/۲۵۶ روز و از مریخ ۶۸۶/۹۷۹ روز باشد ، تعیین کنید فاصلهٔ مریخ را از خورشید در صورتی‌که فاصلهٔ زمین ازآفتاب واحد باشد .

۳۵ ـ حساب کنید طول محور اطول مدار عطارد را بنابرآنکه نصف قطر اطول مدار زمین واحد و مدت یك دورهٔ حرکت عطارد به دور آفتاب ۸۸ روز باشد .

۳۶ـ هرگاه نصف قطر اطول مدار زمین واحد باشد و نصف قطر اطول مدارمشتری ۵/۲ ، حساب‌کنید مدت‌یك‌دورهٔ حرکت مشتری به دور خورشید چیست ؟

۳۷ـ چه مدت لازم است‌که نور مسافت میان آفتاب وهریك از سیارات را طی‌کند ؟ (رجوع‌کنید به جدول سیارات).

پایان