وزارت آموزش و پرورش
اداره کل آموزش و پرورش خراسان رضوی
قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش آموزی

شناخت نجوم

(سطح مقدماتی)

ویژه دانش آموزان دوره اول متوسطه

بسم الله الرحمن الرحیم

شناخت نجوم

سطح مقدماتی

ویژه دانش آموزان دوره اول متوسطه

عنوان و نام پدیدآور	:	شناخت نجوم (سطح مقدماتی): ویژه دانش‌آموزان دوره اول متوسطه/گروه تالیف: وحید راغب،...[و دیگران] ؛ مدیریت و برنامه‌ریزی و تالیف اداره کل آموزش و پرورش خراسان رضوی ؛ مشاوران طرح: هادی ظریف، محمدحسین پورعباس ؛ [برای] قطب کشوری نجوم پژوهش‌سراهای دانش‌آموزی.
مشخصات نشر	:	مشهد: اخترنگار، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	:	IV، ۸۸ ص.: مصور (رنگی).
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۷۷۲۹-۹۶-۰
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	گروه تالیف: وحید راغب، آرزو تاج‌محمدی، صدیقه رضاپور، نادیا زرقی، آسیه حبیبی.
یادداشت	:	کتابنامه: ص. ۷۸.
موضوع	:	نجوم -- راهنمای آموزشی(متوسطه)
موضوع	:	Astronomy -- Study and teaching(Secondary)
شناسه افزوده	:	راغب، وحید، ۱۳۵۳-
شناسه افزوده	:	ایران. وزارت آموزش و پرورش. اداره کل آموزش و پرورش استان خراسان رضوی. قطب کشوری نجوم پژوهش‌سراهای دانش‌آموزی
شناسه افزوده	:	ایران. وزارت آموزش و پرورش. اداره کل آموزش و پرورش استان خراسان رضوی
رده بندی کنگره	:	QB۶۱
رده بندی دیویی	:	۵۲۲/۰۷۶
شماره کتابشناسی ملی	:	۷۶۳۰۷۶۲
وضعیت رکورد	:	فیپا

وزارت آموزش و پرورش
اداره کل آموزش و پرورش خراسان رضوی

نام کتاب: شناخت نجوم / سطح مقدماتی / ویژه دانش آموزان دوره اول متوسطه

مدیریت برنامه ریزی و تالیف: اداره کل آموزش و پرورش خراسان رضوی / قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش آموزی

گروه تالیف: وحید راغب، آرزو تاج محمدی، صدیقه رضاپور، نادیا زرقی، آسیه حبیبی

مشاوران طرح: هادی ظریف، محمد حسین پورعباس

نشانی: مشهد، خیابان حجاب ۴۰، پژوهش سرای دانش آموزی رازی آموزش و پرورش ناحیه هفت
قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش آموزی / تلفن: ۰۵۱۳۶۲۱۶۰۳۵

وبگاه: http://nojum.src.medu.ir

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۴۰۰

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۷۲۹-۹۶-۰

به نام خداوند جان و خرد

منظره آسمان پرستاره یکی از شگفت انگیزترین تجربه‌هایی است که هر فرد در زندگی خود با آن روبرو می‌شود. با مطالعـــهٔ آن چه در آســـمان‌ها می‌گذرد، می‌توان به اسرار کل عالم پی‌برد و در این راه کل عالم برای ما به صورت یک آزمایشـــگاه بی‌نهایت بـــزرگ در می‌آید که امکانات خود را در اختیار همهٔ افراد علاقه‌مند گذاشته است.

امروزه نجوم به عنوان قلمرویی در هم تنیده و بین رشـــته‌ای از علوم تجربی؛ مشـــتمل بر فیزیک، شیمی، زمین شناســـی، ریاضی، علوم مهندســـی و پزشـــکی، علوم رایانه و... محســـوب می شود که علوم مختلف را در شبکه‌ای درهم تنیده و سازمان یافته به خدمت می‌گیرد و در راستای برآوردن نیازهای بشـــری گام بر مـــی‌دارد. آموزش نجوم به دانش آمـــوزان کمک می‌کند تا فرایند یادگیری علوم تجربی را به صورت تکامل یافته انجام دهند. اشـــتیاقی که این علـــم بر می‌انگیزد، سبب ترویج دســـت‌یابی به آگاهی‌های جهانی دربارهٔ علوم بنیادی می‌شود.

به منظور ساماندهی آموزش نجوم در یک برنامهٔ منظم از دورهٔ ابتدایی تا متوســـطه و با در نظر گرفتن استانداردهای سواد نجومی برای یک شهروند امروزی، همچنین با توجه به زمینه پژوهشی این شاخه علمی، برای نخستین بار در سطح پژوهش سراهای دانش‌آموزی کشور، مجموعه کتاب‌های آموزش نجوم توسط قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش‌آموزی تهیه و تدوین گردیده است. امید است از این طریق با همت و همراهی همکاران محترم در مجموعه آموزش و پرورش کشور، بتوانیم بر غنای علمی دانش‌آموزان مان بیفزاییم.

قاسمعلی خدابنده

مدیر کل آموزش و پرورش خراسان رضوی

رئیس قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش آموزی

پیشگفتار:

جذابیت نجوم و شوق آشنایی با ستارگان و کهکشان‌ها، موجب شده است که پیوسته بر شمار علاقه‌مندان به نجوم افزوده گردد. گرچه کتاب‌های بسیاری در زمینه نجوم منتشر شده است؛ اما به علت تنوع و گستردگی مطالبی که در آن‌ها مطرح است، یافتن منبعی مناسب برای دانش‌آموزان هر دوره تحصیلی که متناسب با دانسته های قبلی آن‌ها به این موضوع پرداخته باشد کار آسانی نیست.

دانش‌آموزان در طول دوران تحصیل در مدرسه، به صورتی پراکنده در قالب کتاب‌های علوم تجربی، جغرافیا و علوم زمین با نجوم آشنا می‌شوند، اما کتاب مستقلی در این زمینه وجود ندارد. با توجه به برنامه جامع آموزشی و پژوهشی نجوم در پژوهش سراهای دانش‌آموزی، لزوم نگارش منبعی بهم پیوسته و منسجم در زمینه آموزش نجوم خودنمایی می‌کرد. در همین راستا با توجه به شرح وظایف قطب‌های علمی در پژوهش‌سراهای دانش‌آموزی، تدوین و تألیف چنین محتوایی در دستور کار قرار گرفت.

بدین منظور با استفاده از نظر کارشناسان و صاحب نظران این حوزه و برای نگارش سرفصل‌های محتوای نجومی در مقاطع ابتدایی و متوسطه، سرفصل‌های آموزش نجوم در نظام های آموزشی قبل از دانشگاه که در بسیاری از کشورها تدریس می‌گردد و همچنین کتاب‌های تحصیلی دوره‌های مختلف تحصیلی نظام آموزشی ایران، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت و سعی شد سر فصل‌های هر مقطع با توجه به دانسته‌های قبلی دانش‌آموزان نوشته شود. با ابتکار عمل دبیرخانه قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش‌آموزی(مستقر در پژوهش سرای دانش آموزی رازی ناحیه ۷ مشهد) و همراهی برخی قطب‌های استانی نجوم (همدان، لرستان ، فارس، خراسان جنوبی، بوشهر و اصفهان) کتاب‌های ***« آشنایی با نجوم»، « شناخت نجوم» و «مبانی نجوم»*** به ترتیب برای دانش‌آموزان دوره‌های ابتدایی و اول و دوم متوسطه تألیف گردید.

در این کتاب‌ها سعی شده است که، با توصیفی ساده و روان و به کمک تصاویر مناسب، به نیاز علمی دانش‌آموزان در ارتباط با نجوم پاسخ داده شود و بستری برای درک مفاهیم اولیه نجومی فراهم آید.

وظیفهٔ خود می‌دانیم از تمام عزیزانی که ما را در تدوین محتوای حاضر یاری نمودند، تشکر نماییم. به‌ویژه نهایت سپاس خود را از جناب آقای اصلانی رییس گروه امور پژوهش‌سراهای دانش‌آموزی در دفتر آموزش متوسطه نظری وزارت آموزش و پرورش به جهت حمایت‌های بی دریغ‌شان، ، همکاران ارجمند در قطب کشوری نجوم سرکار خانم نوری، جناب آقای عباسی و همچنین همکاران گرانقدرمان در پژوهش سراهای دانش‌آموزی استان اصفهان(سرکار خانم دکتر ناظمی)، استان بوشهر(جناب آقای لشکری)، استان خراسان جنوبی(سرکار خانم‌ها سودخواه و عرب)، استان فارس(جناب آقای جنیدی‌پور، جناب آقای دکتر کوهبر،

سرکار خانم هنرور)، استان لرستان(جناب آقای دکتر یاراحمدی) و استان همدان (جناب آقای صالحی) را ابراز نماییم.

بدیهی است با همه‌ی دقت در تدوین و ویرایش کتاب، احتمال خطا و اشتباه وجود دارد. هرگونه پیشنهاد، انتقاد و تذکر خوانندگان محترم در این‌باره در جهت ارتقاء کیفیت کتاب مزید امتنان خواهد بود. امید است بتوانیم در سال‌های آتی با رفع نواقص موجود، محتوایی استاندارد برای آموزش نجوم در پژوهش‌سراهای دانش‌آموزی فراهم آوریم.

وحید راغب

دبیرعلمی قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش آموزی

همکاران مشارکت کننده در تدوین کتاب

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	خانم دکتر ناظمی	اصفهان
۲	آقای لشکری	بوشهر
۳	خانم سودخواه	خراسان جنوبی
۴	خانم عرب	خراسان جنوبی
۵	آقای جنیدی پور	فارس
۶	آقای دکتر کوهبر	فارس
۷	خانم هنرور	فارس
۸	آقای دکتر یار احمدی	لرستان
۹	آقای صالحی	همدان
۱۰	آقای عباسی	خراسان رضوی
۱۱	خانم نوری	خراسان رضوی

فهرست

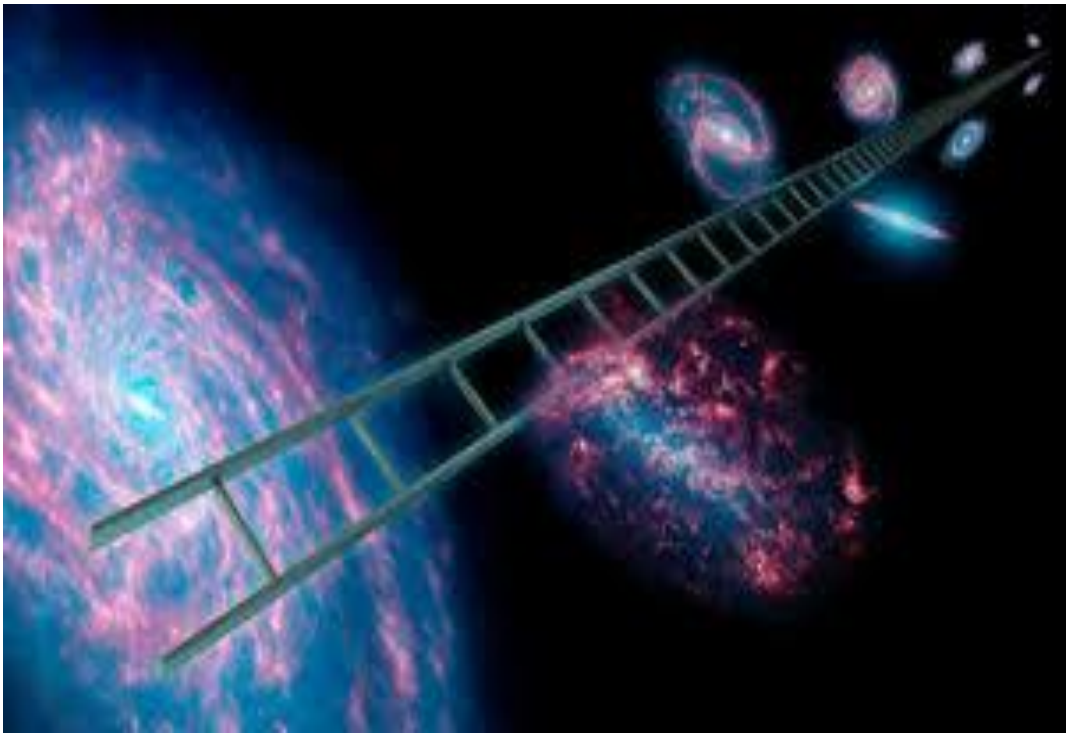
فصل اول: اندازه گیری..... ۱
۱-۱ واحد های اندازه‌گیری..... ۲
واحد نجومیAU..... ۲
سال نوری..... ۲
اختلاف منظر..... ۳
پارسک..... ۳
۱- ۲ آشنایی با مفاهیم فیزیک در نجوم..... ۳
طیف ستارگان..... ۳
انرژی هسته‌ای..... ۴
شکافت هسته‌ای..... ۴
همجوشی هسته‌ای..... ۴
نیزوی گرانش..... ۴
قوانین کپلر..... ۵
فصل دوم: اجزای تشکیل دهنده کیهان..... ۶
کیهان چیست..... ۷
۲-۱ ستاره..... ۷
۲-۲ سحابی..... ۸
۲-۳ سیارات..... ۹
۲-٤ قمرها..... ۱۰
۲-۵ سیارکها..... ۱۰
۲-٦ دنباله دارها..... ۱۱
۲-۷ کهکشانها..... ۱۲
فصل سوم: خورشید و سیارات منظومه شمسی..... ۱۳
۳-۱ خورشید..... ۱۴
لایه‌های خورشید..... ۱۴
شید سپهر..... ۱۴
فام سپهر..... ۱۴
تاج خورشیدی..... ۱۴
۳-۲ سیارات داخلی..... ۱۵
عطارد..... ۱۵
زهره..... ۱۶
۳-۳ زمین و ماه..... ۱۷
زمین..... ۱۷
حرکت وضعی زمین..... ۱۷
حرکت انتقالی زمین..... ۱۷
جو زمین..... ۱۸

ماه..... ۱۸
حرکتهای ماه..... ۱۸
جو ماه..... ۱۹
جزر و مد..... ۱۹
رخ گرد ماه..... ۱۹
اهله ماه..... ۱۹
گرفتها: کسوف و حسوف..... ۲۰
۳-٤ سیارات خارجی..... ۲۱
مریخ..... ۲۱
مشتری..... ۲۲
قمرهای مشتری..... ۲۲
زحل..... ۲۳
قمرهای زحل..... ۲۴
اورانوس..... ۲۴
قمرهای اورانوس..... ۲۴
نپتون..... ۲۶
قمرهای نپتون..... ۲۶
فصل چهارم: اجرام کوچک منظومه شمسی..... ۲۷
٤-۱ سیارک ها ۲۸
٤-۲ دنباله دارها ۲۸
٤-۳ شهاب سنگها ۳۰
٤-٤ حلقه ها..... ..... ۳۱
٤-٥ قمرها..... ..... ۳۲
٤-٦ گاز و گرد و غبار بین سیاره ای ۳۲
٤-۷ شکل گیری منظومه شمسی ۳۳
فصل پنجم: دستگاههای مختصات..... ۳۴
دستگاه مختصات سماوی..... ۳۵
٥-۱دستگاه مختصات افقی..... ۳۵
سمت..... ۳۶
ارتفاع..... ۳۶
٥-۲دستگاه مختصات استوایی..... ۳۶
بعد..... ۳۷
میل..... ۳۷
٥-۳دستگاه مختصات دایره البروجی..... ۳۸
طول سماوی..... ۳۹
عرض سماوی..... ۳۹
فصل ششم:ستارگان..... ۴۰
تولد ستاره..... ٤۱

٦-١ ویژگیهای ستارگان ٤١
جنس ستارگان..... ٤١
اندازه ستارگان..... ٤١
جرم وچگالی ستارگان..... ٤١
جو ستارگان..... ٤٢
طیف ستارگان..... ٤٢
دمای ستارگان..... ٤٢
درخشندگی..... ٤٣
نمودار هرتسپرانگ - راسل..... ٤٣
٦-٢ انواع ستارگان ٤٣
ستارگان رشته اصلی..... ٤٣
غول های سرخ..... ٤٤
کوتوله سفید..... ٤٤
ستاره نوترونی..... ٤٥
سیاهچاله..... ٤٥
فصل هفتم:کهکشانها..... ٤٦
٧-١ ساختار کهکشان..... ٤٧
دیسک کهکشان..... ٤٧
هاله کهکشان..... ٤٧
مرکز کهکشان..... ٤٧
٧-٢ انواع کهکشان..... ٤٨
کهکشان‌های مارپیچی..... ٤٨
کهکشان‌های بیضوی..... ٥١
کهکشان‌های نامنظم..... ٥٢
فصل هشتم:مهبانگ..... ٥٣
٨-١ واژه شناسی مهبانگ..... ٥٤
٨-٢ تاریخچه و نظریه مهبانگ..... ٥٤
٨-٣ روند تشکیل عناصر..... ٥٥
فصل نهم:آشنایی با صورت های فلکی..... ٥٧
دب اکبر(خرس بزرگ)..... ٥٨
دب اصغر(خرس کوچک)..... ٥٩
ذات الکرسی..... ٥٩
قیقاووس..... ٦٠
اژدها(تنین)..... ٦٠
صورت فلکی جبار(شکارچی)..... ٦٠
فصل دهم:ابزارهای اندازه گیری..... ٦٢
آشنایی با ابزارهای اندازه گیری و رصدی در نجوم..... ٦٣
١٠-١ اسطرلاب..... ٦٣

چگونه یک اسطرلاب ساده بسازیم..... ۶۳
روش کاربرد..... ۶۴
۱۰-۲ ساعت آفتابی..... ۶۵
۱۰-۳ تلسکوپ..... ۶۵
تلسکوپ شکستی(گالیله ای)..... ۶۶
تلسکوپ بازتابی (نیوتوی)..... ۶۶
دوربین دوچشمی نجومی..... ۶۷
معرفی تلسکوپهای مهم دنیا..... ۶۸
تلسکوپ فضایی هابل..... ۶۸
تلسکوپ فضایی کپلر..... ۶۸
تلسکوپ جیمز وب..... ۶۹
تلسکوپ هیل..... ۶۹
فصل یازدهم :مهارت های رصدی..... ۷۱
۱۱-۱ پیدا کردن مکان مناسب برای رصد..... ۷۲
آلودگی نوری..... ۷۲
۱۱-۲ زمان مناسب..... ۷۲
۱۱-۳ نرم افزار رصدی..... ۷۳
۱۱-٤ ابزار رصدی..... ۷۳
فصل دوازدهم :جهت یابی..... ۷۴
مقدمه..... ۷۵
۱۲-۱ جهت یابی در روز..... ۷۵
جهت یابی با ساعت و خورشید..... ۷۵
الف-در نیمکره شمالی..... ۷۵
ب-در نیمکره جنوبی..... ۷۵
جهت یابی با چوب و آفتاب(سایه)..... ۷۶
جهت یابی با مقطع درختان..... ۷۶
۱۲-۲ جهت یابی در شب..... ۷۶
جهت یابی با ستارگان صورت های فلکی..... ۷۶
جهت یابی با ستارگان خوشه پروین..... ۷۷
جهت یابی با ستارگان صورت فلکی عوا..... ۷۷
جهت یابی با ماه..... ۷۷

فصل اول



اندازه‌گیری

۱-۱ واحدهای اندازه‌گیری نجومی

تا به حال به بزرگی فاصله‌ای اجرام کیهانی فکر کرده‌اید؟ تا به حال تصور کرده‌اید چگونه می‌توانیم فاصله بین دو کهکشان را اندازه بگیریم؟ آیا می‌دانید اگر بخواهیم فاصله نزدیکترین کهکشان همسایه را با کهکشان راه شیری به صورت کیلومتر بیان کنیم باید عددی ۲۰ رقمی بنویسیم و برای نوشتن این عدد یک خط کامل از کاغذ استفاده می‌شود؟

بنابر این ما به واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی برای بیان فاصله‌های نجومی احتیاج داریم. در این بخش به چند نمونه از واحدهایی که کاربرد بیشتری دارند اشاره خواهیم کرد.

درجه:

همان طور که از دروس ریاضی ابتدایی می‌دانید ، مقدار زاویه‌ها را با درجه نشان می‌دهیم. برای نشان دادن محل ستاره‌ها و سیارات در آسمان نیز از درجه و یا واحدهای کوچکتر از درجه استفاده می‌شود. در اندازه‌گیری‌های نجومی گاهی نیاز به اندازه‌ای کوچکتر از درجه داریم. در این موارد از واحدهای دقیقه قوسی(دقیقه‌ی کمانی) و یا ثانیه قوسی(ثانیه کمانی) استفاده می‌کنیم.

اگر یک درجه را به ۶۰ قسمت تقسیم کنیم ، هر کدام از این قسمت ها معادل یک دقیقه کمانی خواهد بود.

واحد نجومی AU :

یکی دیگر از واحدهایی که برای بیان مسافت‌های بزرگ از آن استفاده می‌کنیم ، واحد نجومی است ، که آن را با نماد AU نشان می‌دهیم. یک واحد نجومی (AU) برابر با میانگین فاصله زمین تا خورشید است. یعنی هر واحد نجومی برابر با ۱۵۰۰۰۰۰۰۰(۱۵۰ میلیون) کیلومتر است.

معمولا فاصله سایر سیارات تا خورشید را برحسب AU بیان می‌کنند. به عنوان مثال میانگین فاصله مشتری تا خورشید برابر با ۷۷۹ میلیون کیلومتر است که آن را به صورت ۵/۲ AU بیان می‌کنیم.

سال نوری:

همان طور که در درس علوم تجربی ذکر شده است ، نور با سرعت بسیار زیادی حرکت می‌کند. نور تقریبا در مدت یک ثانیه ۳۰۰ هزار کیلومتر را طی می‌کند. زمانی که طول می‌کشد تا نورخورشید به زمین برسد حدود ۸ دقیقه است. حال تصور کنید اگر نور خورشید همچنان به حرکت خود ادامه دهد، بعد از گذشت یک سال این نور به کدام قسمت از فضا خواهد رسید!

به فاصله‌ای که نور درمدت یک سال طی می‌کند ، یک سال نوری گفته می‌شود.

توجه داشته باشید سال نوری از جنس زمان نیست ! بلکه از جنس فاصله است و برای بیای مسافت استفاده می‌شود.

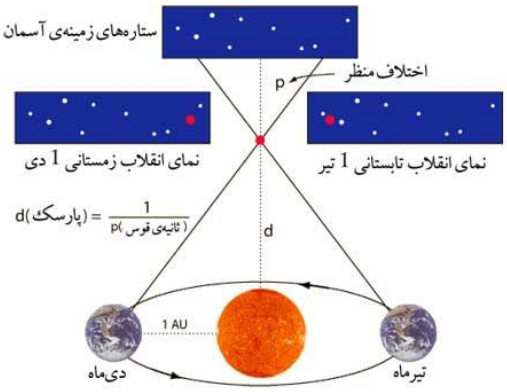
شکل ۱-۱: فاصله ماه تا زمین معادل یک ثانیه نوری است

شکل ۱-۲:فاصله خورشید تا زمین تقریبا معادل ۸ دقیقه

شکل ۱-۳: فاصله کهکشان آندرومدا تا زمین برابر ۲/۵میلیون سال نوری است

اختلاف منظر

چشم چپ خود را ببندید، همزمان به جسمی که نزدیک به شما است و جسم دیگری که دور است نگاه کنید. به موقعیت جسم نزدیک در مقایسه با جسم دورتر توجه کنید. حالا چشم چپتان را را باز کنید و چشم راستتان را ببندید و مجددا به موقعیت جسم نزدیک، نسبت به جسم دورتر دقت کنید. اگر جسم نزدیک واقعاً نزدیک باشد و جسم دور هم به اندازه کافی دور باشد، موقعیت جسم نزدیک در دو حالت گفته شده را، متفاوت خواهید دید در حقیقت شما با این آزمایش ساده اختلاف منظر را تجربه کرده‌اید .



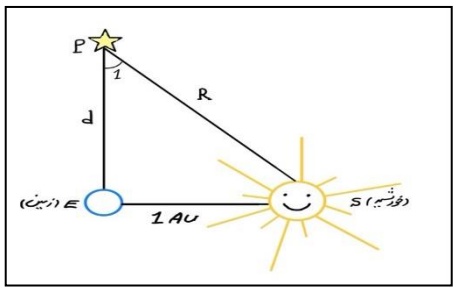
شکل ۱-۴ : اختلاف منظر

جابجایی جسم در اثر تغییر جای ناظر، در پس زمینه اختلاف منظر نامیده می‌شود.

در فواصل نجومی، اختلاف منظر بین دو چشم بسیار کم است و ما از قطر مدار زمین استفاده می‌کنیم به این صورت که اول بهار و پاییز (به طور کلی زمانی که فاصله بین دو نقطه از مدار بیشترین مقدار باشد)، از جسم عکس می‌گیریم، این میزان را حساب می‌کنیم . هرچه جسم دورتر باشد، زاویه اختلاف منظر هم کوچکتر است.

پارسک

اگر به فاصله‌ای از زمین برسیم که فاصله زاویه‌ای زمین تا خورشید یک ثانیه قوسی دیده شود، فاصله ما از زمین یک «پارسک» است که با محاسبات ساده می‌توان گفت که یک پارسک تقریباً ۳/۲۶ سال نوری است که آن را با p نشان می‌دهند.



شکل ۱-۵ : پارسک

۱-۲ آشنایی با مفاهیم فیزیک در نجوم

طیف ستارگان:

با علم امروزه‌ی انسان ، به هیچ وجه نمی‌توان به ستارگان سفر کرد . می‌دانیم که دانشمندان و فضانوردان هیچگاه سفر به فاصله‌ای دورتر از ماه را تجربه نکرده اند (البته ربات های فضا پیما به فضا ارسال شده است). پس چگونه اطلاعات دقیقی از جنس ستاره‌ها و سیارات و یا دمای آنها بدست می‌آورند؟ چگونه می‌توانند به عمر باقیمانده از یک ستاره پی ببرند؟ جرم ستارها و سیارات را چگونه از فاصله های بسیار دور حدس می‌زنند؟

تنها راهی که انسان می‌تواند اجرام آسمانی را بهتر بشناسد، بررسی نوری است که از این اجرام (ستاره ها ،سیارات، کهکشان ها و...) به زمین می‌رسد. محققان نور ستارگان را دریافت می‌کنند و با روش های خاص به دما و اندازه آنها پی می‌برند. همان طور که می‌دانید نزدیکترین ستاره به زمین خورشید است. که دمایی در حدود ۶۰۰۰ درجه سانتی گراد دارد.

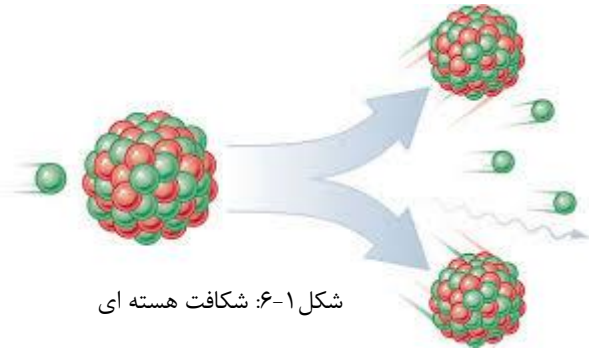
ستاره شناسان، ستاره ها را از نظر دما و اندازه دسته بندی کرده‌اند. رنگ ستاره ها به میزان داغی و حرارت ستاره بستگی دارد. هرچه داغتر باشد پرنورتر خواهد بود. داغترین ستاره ها به رنگ سفید و یا آبی دیده می‌شوند . ستاره های زرد مانند خورشید دمای متوسطی دارند و ستاره های نارنجی رنگ و یا قرمز رنگ در دسته ستاره های سردتر قرار می‌گیرند.

انرژی هسته ای:

منبع انرژی همه ستارگان و بخش بزرگی از کیهان انرژی هسته‌ای است. انرژی هسته‌ای شامل دو نوع : شکافت هسته‌ای و همجوشی هسته‌ای است.

شکافت هسته ای:

وقتی هسته یک نوع اتم سنگین مانند اورانیوم شکسته شود و به دو هسته سبک‌تر تبدیل شود ، انرژی بسیار زیادی آزاد می‌شود. به این پدیده شکافت هسته‌ای می‌گویند. در نیروگاه‌های هسته‌ای از همین روش برای تولید برق استفاده می‌کنند.



شکل ۱-۶: شکافت هسته ای

همجوشی هسته‌ای:

جالب است بدانید قسمت اصلی ماده تشکیل دهنده خورشید (که نزدیکترین ستاره به ماست) گاز هیدروژن و هلیوم است. شاید این پرسش برای شما هم مطرح شده باشد که چگونه این گاز های ساده می‌توانند چنین انرژی و گرمای عظیمی تولید کنند؟

وقتی هسته‌ی دو اتم نسبتا سبک با یکدیگر ترکیب شوند و یک هسته سنگین‌تر را تشگیل دهند، همجوشی هسته‌ای رخ داده است. در این حالت انرژی بسیار زیادی آزاد می‌شود.

نور همه ستارگان حاصل از همجوشی گازهای درون ستاره است ولی نوع این گاز در ستاره های مختلف ممکن است متفاوت باشد. به همین دلیل است که رنگ و دمای ستاره‌ها با یکدیگر متفاوت است.

نیروی گرانش:

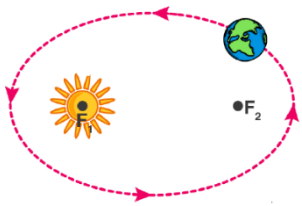
به طور کلی بین هر دو جرم نیروی گرانش وجود دارد و یکدیگر را می‌ربایند. هرچه جرم جسم‌ها بیشتر باشد نیروی گرانش بین آنها بیشتر خواهد بود. علت این که زمین اجسام را به سمت خود می‌کشد این است که جرم زمین بسیار زیاد است و درنتیجه نیروی گرانش نسبتا قوی بر اجسام وارد می‌کند.

اجرام کیهانی مانند خورشید و سیارات یا ستاره‌های نزدیک به هم، نیز به دلیل جرم زیادی که دارند نسبت به یکدیگر نیروی گرانش قوی دارند و به همین دلیل است که به دور یکدیگر می‌گردند. مانند گردش سیارات به دور خورشید که به دلیل جرم زیاد خورشید است.

شکل ۱-۷: نیروی گرانش زمین

قوانین کپلر:

دانشمند و ستاره‌شناسی به نام یوهانس کپلر در قرن ۱۷میلادی، نظریه‌هایی درباره حرکت مداری اجرام آسمانی مطرح کرد، این نظریه‌ها بعدها به نام قوانین کپلر نامگذاری شد و تحول بزرگی در شناخت حرکت اجرام آسمانی ایجاد کرد.

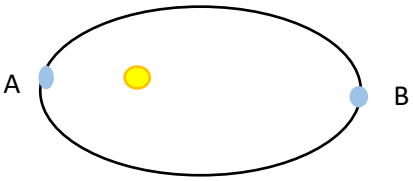


شکل ۱-۸: مسیر حرکت سیاره به دور خورشید

قانون اول کپلر: مدار حرکت سیارات به دور خورشید مانند یک بیضی است(شکل ۱-۹).

قانون دوم کپلر: سرعت حرکت سیارات به دور خورشید ثابت نیست. وقتی سیارات به خورشید نزدیکتر می‌شوند سریعتر حرکت می‌کنند و هر چه از خورشید دورتر می‌شوند سرعت حرکتشان کمتر می‌شود.

به تصویر دقت کنید:



شکل ۱-۹: مقایسه سرعت زمین به دور خورشید در مقایسه با فاصله اش تا خورشید

وقتی زمین در نقطه‌ای نزدیک به خورشید مانند A درمدار خود در حال حرکت است ،سریعتر حرکت می‌کند و وقتی در نقطه‌ای مشابه B حرکت می‌کند ، سرعتش کندتر است.

قانون سوم کپلر: اگر بخواهیم قانون سوم سیارات را به بیان خیلی ساده مطرح کنیم ، می‌توان گفت مدت زمانی که طول می‌کشد تا سیاره یک دور کامل به دور خورشید بگردد به فاصله سیاره تا خورشید بستگی دارد. هر چه مدار سیاره بزرگتر باشد مدت زمان بیشتری طول می‌کشد تا سیاره به دور خورشید بگردد.

فصل دوم

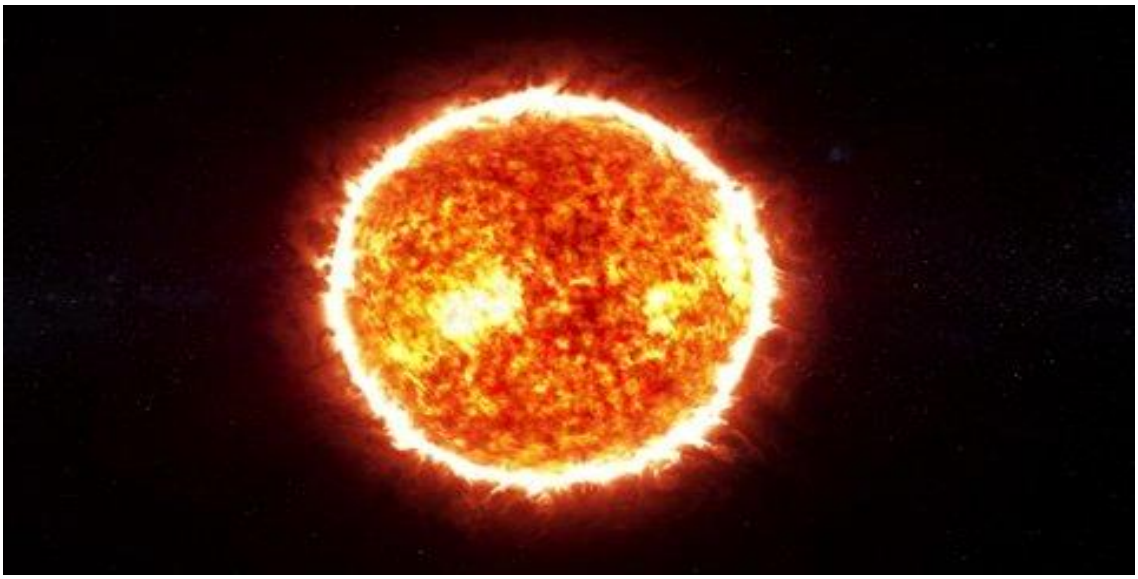
اجزای تشکیل دهنده کیهان

کیهان چیست؟

شکل ۲-۱: کیهان

کیهان همه چیز را در بر می‌گیرد. تمام فضا، تمام ماده و انرژی موجود در فضا، حتی زمان و البته شما هم جزئی از کیهان هستید. زمین و ماه و سایر سیارات و ده‌ها قمر آنها همراه با سیارک‌ها و دنباله‌دارها و سیارات فراخورشیدی بخشی از کیهان هستند. خورشید یکی از صدها میلیارد ستاره کهکشان راه شیری است. کهکشان راه شیری یکی از میلیاردها کهکشان در کیهان است. همه ستارگان در همه کهکشان‌ها و بسیاری چیزهای دیگر که منجمان نمی‌دانند و یا نمی‌توانند آنها را رصد کنند، همه اینها بخشی از کیهان هستند. در یک جمله، کیهان، همه چیز است.

۲-۱ستاره



شکل ۲-۲: ستاره

ستاره، گوی عظیمی از گازهای بسیار داغ است(شکل ۲-۲). گرانش ستاره، ساختار این توده گازی متراکم (فشرده) را حفظ می‌کند.

به دلیل دمای داخلی بسیار زیاد ستارگان، ماده نمی‌تواند بصورت جامد یا مایع باشد. گازهای تشکیل دهنده ستاره، بسیار غلیظ‌تر از گازهای سطح زمین است و فشار درونی بسیار زیاد آنها سبب شده چگالی زیادی داشته باشند.

ستارگان در فضا حرکت می‌کنند. اما به دلیل فاصله زیادی که از زمین دارند، ثابت به نظر می‌رسند. به همین دلیل به آنها ثوابت هم گفته می‌شود.

۲-۲سحابی

شکل ۲-۳: سحابی

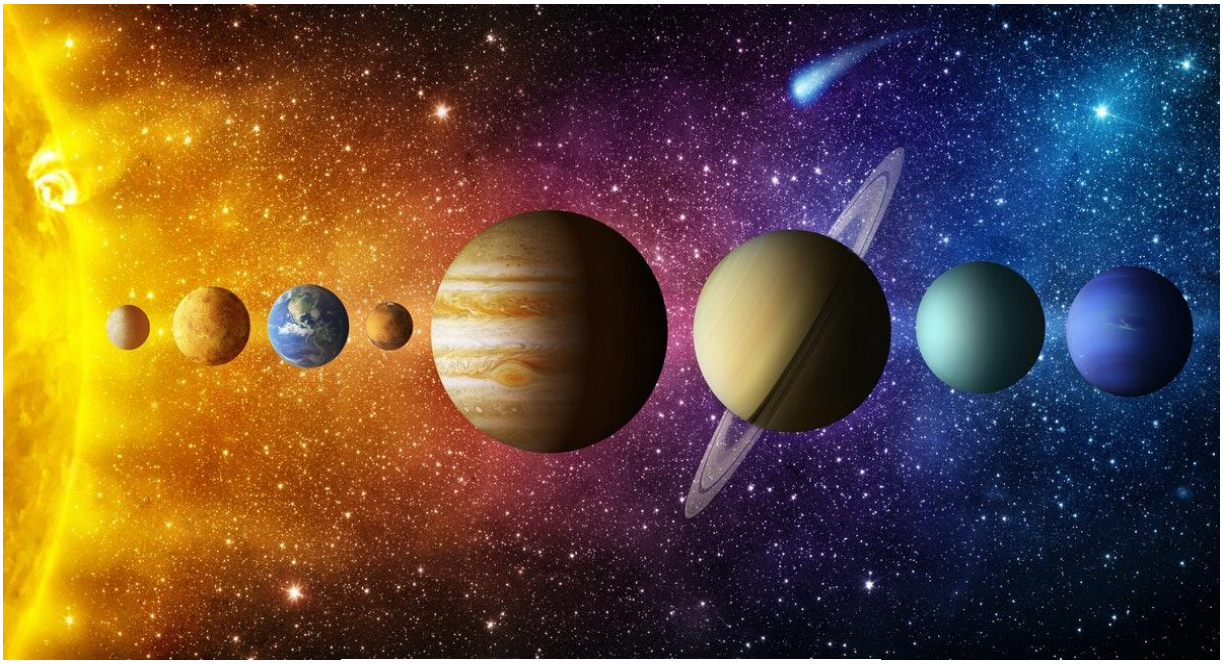
ابری از گاز و گرد و غبار که در فضای بین ستاره‌ها ایجاد می‌شود، به عنوان سحابی شناخته می‌شود(شکل ۲-۳). بنابراین یک سحابی از محیط بین ستاره‌ای تشکیل شده است. برخی از سحابی‌ها محل تشکیل ستاره‌های جدید هستند و ستاره‌های کم جرم نیز در مراحل انتهای عمرشان سحابی ایجاد می‌کنند. خورشید تقریباً ۴/۵ میلیارد سال پیش در داخل یک سحابی که از انفجار ابرنواختری تولید شده، تشکیل شده‌است. در کهکشان‌های مارپیچی مانند کهکشان راه شیری ، سحابی‌ها حدود ۳ تا ۵ درصد از جرم کل کهکشان را تشکیل می‌دهند.

سحابی ها از نظر ظاهری بسیار متفاوت هستند و این تفاوت نه تنها به دما و تراکم مواد آنها بلکه به نحوه قرارگیری مواد در فضا نسبت به ناظر بستگی دارند. با این وجود ترکیب شیمیایی آنها کاملاً یکنواخت است و مشابه خورشید و کل جهان است. حدود ۹۰ درصد از اتم‌های تشکیل دهنده سحابی‌ها هیدروژن و بقیه هلیوم است، بقیه عناصر ۰/۲ درصد از کل عناصر سحابی را تشکیل می‌دهند.

از نظر درخشندگی، دو نوع سحابی داریم:

- **سحابی نشری که نور خود را از ستارگان درونی‌اش دریافت می‌کند.**
- **سحابی تاریک که تراکم بیش از حد گرد و غبار و گاز ملکولی در آنها نور ستارگان پس زمینه را جذب کرده و اجازه نمی‌دهد تا به بیرون ازسحابی نشر شود.**

۲-۳سیارات

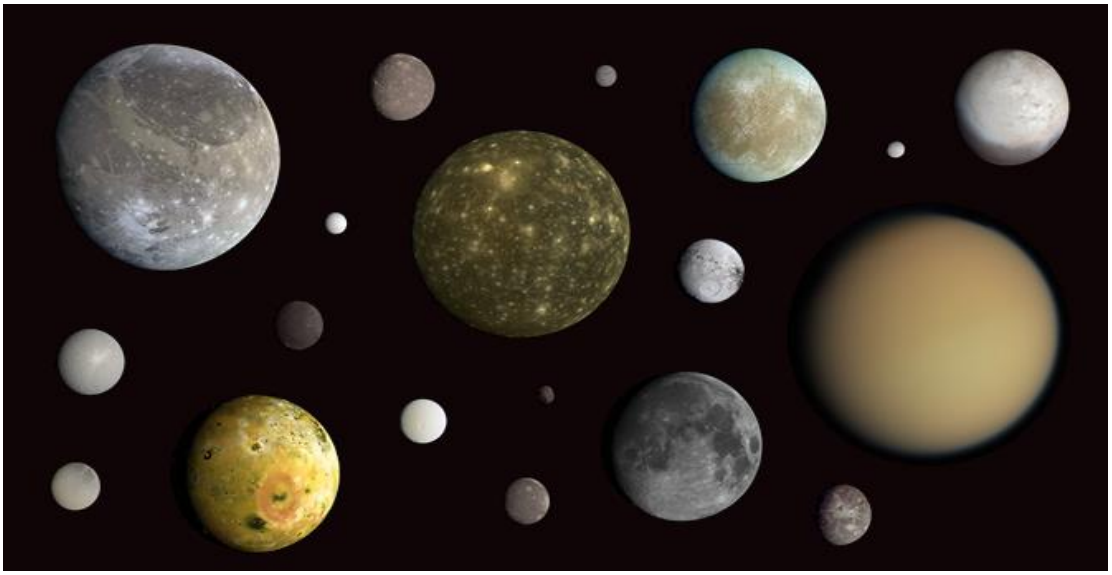


شکل ۲-۴: منظومه شمسی

یک سیاره جسمی نجومی است که به دور یک ستاره یا بقایای ستاره‌ای می‌چرخد و به اندازه کافی جرم دارد تا بتواند توسط جاذبه خود کروی شکل شود. سیارات آنقدر بزرگ نیستند که در آنها همجوشی هسته‌ای رخ دهد بنابراین از خود نور ندارند.

هر سیاره ممکن است دارای یک یا چند قمر باشد. سیاره ممکن است خاکی، سنگی و یا گازی باشد. در منظومه شمسی (شکل۲-۴) چهار سیاره عطارد، زهره، زمین و مریخ خاکی هستند اما چهار سیاره دیگر از توده‌های گازی تشکیل شده‌اند.

۲-۴ قمرها



شکل ۲-۵: تصویر برخی اقمار منظومه شمسی

قمر یک جرم آسمانی است که حول جرم دیگری می‌گردد . قمر زمین، ماه نام دارد. در منظومه شمسی به جز عطارد و زهره، شش سیاره دیگر دارای قمر هستند. در میان سیارات خاکی منظومه شمسی، زمین دارای یک قمر و مریخ دارای دو قمر به نام‌های دیموس و فوبوس است.

مدار بیشتر قمرها بیضی شکل است. در منظومه شمسی ۲۱ قمر از جمله: ماه، دیموس، فوبوس، پنج قمر مشتری، هشت قمر زحل و پنج قمر اورانوس مدار دایره‌ای شکل دارند.

تحقیق کنید:

قمرها چگونه تشکیل شده اند؟ چرا برخی سیارات، قمرهای بیشتری دارند؟

۲-۵ سیارک‌ها

شکل ۲-۶: سیارک

سیارک‌ها همان سیارات خُرد هستند که در فاصله بین مریخ و مشتری قرار دارند. مدار آنها بیضی شکل است و در هر چهار سال و نیم، یک بار به دور خورشید می‌گردند.

درخشش سیارک‌ها به دلیل بازتاب نور خورشید است. سیارک‌ها آنقدر کوچک هستند که جوّی ندارند و گاهی با هم برخورد می‌کنند.

تحقیق کنید:

چرا سیارک‌ها روی زمین سقوط نمی‌کنند؟

۲-۶ دنباله‌دارها

شکل ۲-۷: دنباله دار

دنباله‌دارها زیباترین و تماشایی ترین اجرام آسمانی هستند. یک دنباله‌دار (شکل ۲-۷) از سه بخش تشکیل شده است:

الف) هسته: هسته دنباله‌دار، گوی منجمد کیهانی است که از گازها و گردوغبار کیهانی یخ زده تشکیل شده است. قطر هسته فقط چند کیلومتر است.

ب) گیسو: با نزدیک شدن هسته به خورشید، یخها بخار شده و ابری اطراف هسته را می‌گیرد که به آن گیسو می‌گویند.

پ) دنباله: هسته با پیشروی به سمت خورشید روشن‌تر می‌شود و یک دنباله از آن می‌روید. ممکن است دنباله تا میلیون‌ها کیلومتر ادامه یابد.

تحقیق کنید

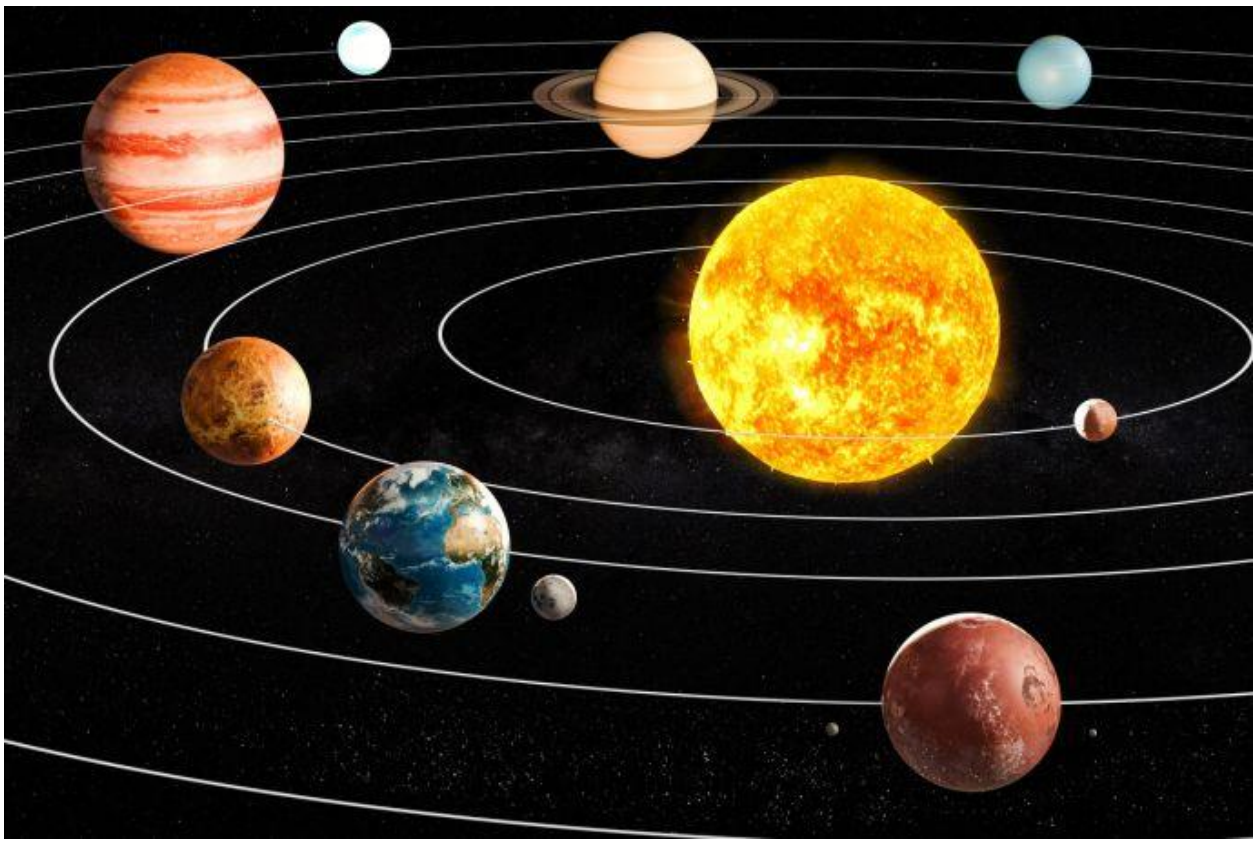
دنباله دارها چگونه حرکت می کنند؟

۲-۷ کهکشانها

شکل ۲-۸: کهکشان

کهکشان، مجموعه عظیمی از گاز، گرد و غبار و میلیاردها ستاره و منظومه‌ی ستاره‌ای است. نیروی گرانش باعث گرد هم‌آمدن اجزای کهکشان می‌شود. کهکشان راه شیری مانند دیگر کهکشانها دارای یک سیاهچاله بزرگ در مرکز است، تلسکوپ هابل به مدت ۱۲روز در یک ناحیه کوچک از فضا ۱۰ هزار کهکشان، با اندازه، شکل و رنگ مختلف پیدا کرد. برخی دانشمندان فکر می‌کنند ممکن است به اندازه یک میلیارد کهکشان در جهان وجود داشته باشد

فصل سوم



خورشید و سیارات منظومه شمسی

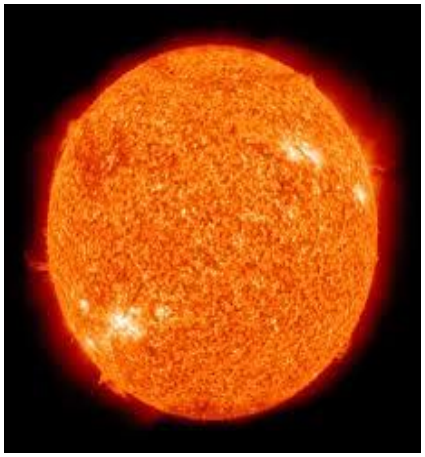
۳-۱ خورشید

خورشید، قلب منظومه شمسی و یک گوی آتشین از گازهای داغ است. خورشید بزرگترین جسم در منظومه شمسی است . این ستاره که سرچشمه اصلی نور، انرژی، گرما و زندگی بر روی زمین است، قطری نزدیک به ۱٬۳۹۲٬۰۰۰ کیلومتر دارد. در منظومه شمسی بیشترین جرم و حجم از آن خورشید است. قطر خورشید نزدیک به ۱۰۹ برابر قطر زمین و جرم آن ۳۳۰ هزار برابر جرم زمین است. این مقدار ۹۹/۸۶٪ کل جرم منظومه است.

جرم عظیم خورشید با نیروی گرانش در کنار هم نگه داشته می‌شود و فشار و درجه حرارت زیادی را در هسته خود ایجاد می‌کند. در هسته ، دما حدود ۱۵ میلیون درجه کلوین است که برای ایجاد همجوشی هسته‌ای کافی است. همجوشی فرایندی است که در آن اتم ها با هم ترکیب می‌شوند و اتم های بزرگتری را تشکیل می‌دهند و در این فرآیند مقادیر بسیار عظیمی انرژی آزاد می‌کنند. در هسته خورشید ، اتم‌های هیدروژن با یکدیگر ترکیب شده و هلیم می‌سازند. انرژی تولید شده در هسته، تمام گرما و نوری که خورشید ساطع می‌کند را تأمین می‌کند .

لایه‌های خورشید

خورشید شش منطقه دارد: از داخل به بیرون هسته، منطقه تابشی، منطقه همرفت. سطح مرئی به نام شیدسپهر (فوتوسفر) ، فام سپهر (کروموسفر) و دورترین منطقه از مرکز که تاج نامیده می‌شود. در ادامه به معرفی لایه های سطح مرئی می پردازیم.



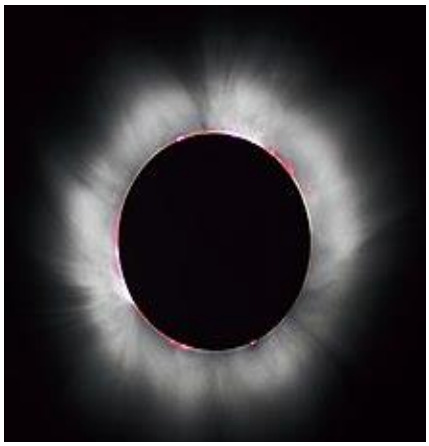
شکل ۳-۱: شید سپهر

شید سپهر

شیدسپهر عمیق‌ترین لایه مرئی خورشید است که به آن قرص خورشید هم می‌گویند. اگر با چشم غیر مسلح یا تلسکوپ به آن نگاه کنیم، ظاهری یکنواخت دارد. اما از دید تلسکوپ‌های بزرگ دارای ترکیب دانه دانه شده‌ای است. این دانه‌ها مساحت‌های نامنظم روشنی هستند که توسط رگه‌های تاریک احاطه شده‌اند. بطور متوسط عرض هر دانه به ۱۵۰۰ کیلومتر می‌رسد. شکل ۳-۱ نمایی از شیدسپهر را نشان می‌دهد.

فام سپهر

فام‌سپهر یا رنگین‌سپهر لایه گازی نازکی از جوّ خورشید یا هر ستاره دیگری است که تا ارتفاع چند هزار کیلومتری بالای شیدسپهر ادامه دارد. این لایه نازک قرمز رنگ، هنگام کسوف کامل، رویت خواهد شد. خطوط نشری رنگین سپهر مرئی هستند. مهم‌ترین آنها هلیوم است که در دماهای بالا برانگیخته می‌شود.



شکل۳-۲ تاج خورشید در کسوف ۲۰۱۷

تاج خورشیدی

تاج خورشیدی یا تاج ستاره‌ای، بیرونی‌ترین لایه خورشید است. در گذشته تاج خورشید تنها در زمان کسوف دیده می‌شد، اما امروزه بسیاری از رصدخانه‌های زمینی و فضایی در هر لحظه قادر به رصد تاج خورشیدی هستند. دمای تاج خورشیدی حدود $۱۰^۶$ درجه کلوین است. در ارتفاع حدود ۱۰ هزار کیلومتر از سطح خورشید ناگهان دما به مقادیر بسیار بالا می‌رسد و چگالی گاز بسیار کم می‌شود. انرژی زیاد تاج توسط لایه همرفتی خورشید که در زیر سطح آن قرار دارد، تأمین می‌شود.

۳-۲ سیارات داخلی

سیارات را می‌توان براساس فاصله‌شان ازخورشید دسته بندی کرد. عطارد و زهره به سیارات داخلی موسوم‌اند. زیرا از زمین به خورشید نزدیک‌ترند. سیارات دیگر، از مریخ تا نپتون سیارات خارجی نامیده می‌شوند، زیرا نسبت به زمین در فاصله دورتری از خورشید قرار دارند.

عُطارِد

شکل۳-۳ : عطارد

عطارد یا تیر، نزدیکترین سیاره به خورشید است. جرم آن ۰/۰۵۵ برابر جرم خورشید، معادل

$۳/۳ \times ۱۰^{۲۳}$ کیلوگرم و قطر آن ۴۸۸۰ کیلومتر است. گرانش سطحی عطارد به قدری کم است که اکثر گازها به سرعت فرار می‌رسند و جوّ حفظ نمی‌شود. مدار این سیاره بیضی شکل است و نزدیکترین فاصله آن از خورشید تنها ۴۵/۹ میلیون کیلومتر و دورترین فاصله آن۶۹/۷ میلیون کیلومتر است. لذا همواره در اطراف خورشید حضور دارد و رصد آن تنها در هنگام طلوع و غروب ممکن است.

ویژگیهای عطارد

ساختار

عطارد کوچکترین سیاره منظومه شمسی است. عطارد دارای یک سطح سنگی و یک هسته آهنی است. هسته آهن در عطارد در مقایسه با سایر سیارات سنگلاخی مانند زمین و مریخ بسیار بزرگ است. این باعث می‌شود جرم عطارد نسبت به اندازه آن بسیار زیاد باشد.

شکل سطحی

سطح عطارد به سطح ماه زمین شباهت دارد و دارای بسیاری از دهانه‌های برخورد ناشی از برخورد با شهاب سنگ ها و ستاره های دنباله‌دار است. دهانه‌ها و برجستگی‌های عطارد به نام هنرمندان، نوازندگان یا نویسندگان مشهور نامگذاری شده‌اند.

جوّ

به جای جوّ ، عطارد دارای یک اگزوسفر(بیرونی‌ترین لایه اتمسفر اگزوسفر نامیده می شود) نازک است که از اتمهای آورده شده توسط بادهای خورشیدی و شهاب‌سنگها تشکیل شده است. اگزوسفر عطارد بیشتر از اکسیژن ، سدیم ، هیدروژن ، هلیم و پتاسیم تشکیل شده است.

زهره

شکل ۳-۴: تصویر سیاره عطارد

زُهره یا ناهید نزدیکترین همسایه زمین است و مانند عطارد هیچ قمر طبیعی شناخته شده‌ای ندارد. این سیاره از بسیاری جهات مانند اندازه، جرم، گرانش و ترکیبات ساختاری مشابه زمین است جرم زهره $۴/۸۶ \times ۱۰^{۲۴}$ کیلوگرم معادل ۸۲ درصد جرم زمین است. قطر آن ۱۲۱۰۴ کیلومتر است که فقط ۵ درصد از قطر زمین کوچکتر است. شتاب گرانشی روی سطح زهره ۸/۸۷ متر بر مربع ثانیه است که حدوداً ۹۰ درصد شتاب گرانشی سطح زمین است.

ناهید دومین سیاره از خورشید و نزدیکترین همسایه سیاره‌ای ما است. این سیاره در جهت مخالف اکثر سیارات به آرامی می‌چرخد. جو غلیظ آن گرما را در اثر پدیده گلخانه‌ای به دام می‌اندازد ، و آن را به گرمترین سیاره منظومه شمسی تبدیل می‌کند که دمای سطح آن به اندازه‌ای گرم است که سرب را ذوب می‌کند.

ویژگیهای زهره

ساختار

ناهید از بسیاری جهات از نظر ساختار شبیه زمین است. یک هسته آهنی دارد که شعاع آن تقریباً ۳۲۰۰ کیلومتر است. در بالای آن گوشته‌ای ساخته شده از سنگ داغ است که به دلیل گرمای داخلی سیاره به آرامی در حال لرزیدن است. سطح آن یک پوسته نازک از سنگ است که با جابجایی گوشته زهره و ایجاد آتشفشان ها برجسته می‌شود و حرکت می‌کند.

شکل سطحی

از فضا ، زهره به رنگ سفید روشن است زیرا با ابرهایی پوشانده شده است که نور خورشید را منعکس و پراکنده می‌کنند. در سطح ، سنگها سایه‌های مختلفی از خاکستری دارند ، مانند سنگهای روی زمین ، اما جو غلیظ نور خورشید را فیلتر می‌کند به طوری که اگر روی زهره ایستاده باشید ، همه چیز نارنجی به نظر می‌رسد. این سیاره کوه ، دره و ده ها هزار آتشفشان دارد.

جوّ زهره

جو ناهید عمدتاً از دی‌اکسید کربن تشکیل شده و ابرهایی از قطرات اسید سولفوریک دارند. جو غلیظ گرمای خورشید را به دام می‌اندازد، در نتیجه دمای سطح بالاتر از ۴۷۰ درجه سانتیگراد است. جو ناهید لایه‌های زیادی با دماهای مختلف دارد.

۳-۳ زمین و ماه

زمین

سیاره خانه ما، سومین سیاره نزدیک به خورشید است و تنها مکانی که تاکنون می‌دانیم موجودات زنده در آن ساکن هستند. همچنین تنها سیاره در منظومه شمسی است که دارای آب مایع، روی سطح است.

در حدود ۴/۶ میلیارد سال پیش، زمین از اجتماع اجسام کوچک تخته سنگی در طی چند میلیون سال تشکیل شد. هرچند این سیاره سطحی ناهموار دارد، اما تقریباً از ترکیبی یکنواخت ساخته شده است. در زمان تشکیل، جوّ آن مملو از هیدروژن و گازهای بی‌اثر بود. به تدریج گازهای با چگالی کم به فضا گریختند و جوّ کنونی حاکم شد.

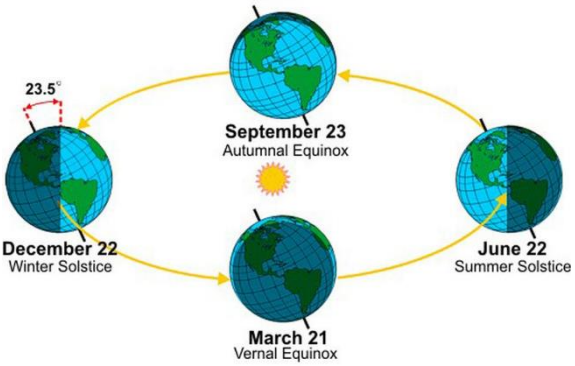
زمین با شعاع ۶۳۷۱ کیلومتر بزرگترین سیاره خاکی و پنجمین سیاره بزرگ است با فاصله متوسط ۱۵۰ میلیون کیلومتر، زمین دقیقاً یک واحد نجومی با خورشید فاصله دارد. حدود هشت دقیقه طول می‌کشد تا نور خورشید به سیاره ما برسد.

فعالیت

ابوریحان بیرونی در کتاب قانون مسعودی خود روشی را برای محاسبه شعاع کره زمین و سپس اندازه گیری محیط آن توضیح داده است. او با روشی علمی و مهندسی چگونگی محاسبه شعاع زمین، با کمک تعیین ارتفاع یک کوه را بیان می کند. در باره این روش تحقیق کنید و به کمک آن شعاع زمین را اندازه بگیرید.

حرکت وضعی زمین

حرکت وضعی زمین، چرخشی است که سیاره زمین به دور خود انجام می‌دهد. زمین در مدت ۲۳ ساعت و ۵۶ دقیقه و ۳ ثانیه یک بار به دور محور خود و در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت می‌چرخد. محور فرضی چرخش زمین که از قطبین می‌گذرد بر سطح مدار حرکت آن به دور خورشید عمود نیست و زاویه‌ای حدود ۲۳ درجه می‌سازد. این زاویه سبب ایجاد آثاری همچون تغییر فصل می‌شود(شکل ۳-۵).



شکل ۳-۵: انحراف محور زمین نسبت به صفحه گردش سالیانه آن در حرکت انتقالی

در قسمتی از سال ، نیمکره شمالی به سمت خورشید و نیمکره جنوبی نیز دور از خورشید کج می‌شوند. با افزایش ارتفاع خورشید در آسمان ، گرمایش خورشید در شمال بیشتر می‌شود و تابستان را ایجاد می‌کند. گرمایش مستقیم کمتر خورشید زمستان را در جنوب ایجاد می‌کند. شش ماه بعد ، وضعیت برعکس می‌شود. هنگامی که بهار و پاییز شروع می‌شود ، هر دو نیمکره تقریباً به یک اندازه گرما از خورشید دریافت می‌کنند.

حرکت انتقالی زمین

حرکت زمین به دور خورشید را حرکت انتقالی زمین می‌نامند که مدار بیضی شکلی را در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت می‌پیماید. به طوری که خورشید در یکی از کانون‌های این مدار بیضوی قرار می‌گیرد. فاصله متوسط میان زمین و خورشید ۱۴۹ /۶۰میلیون کیلومتر است. در طی یک مدار کامل در هر۳۶۵/۲۵۶ روز یک بار زمین، گرد خورشید می‌گردد (۱ سال نجومی). در واقع در هر سال، زمین ۹۴۰ میلیون کیلومتر سفر کرده است.

جوّ زمین

جوّ زمین پوشـشـی نازک از گازها و ذرات کوچک اسـت که همگی با هم، اجزای تشکیل‌دهنده هوا را بوجود می‌آورند. جوّ زمین و مقادیر زیاد آب در سطح آن، سبب شده است این سیاره از سایر سیاره‌های منظومه شمسی متمایز باشد. بدون وجود جوّ، زمین بسـیار شـبیه ماه بود. گازهای اتمسـفری بویژه گاز دی‌اکسـید کربن و اکسیژن به شـدت برای حیات موجودات، ضـروری هسـتند. نیتروژن و اکسـیژن در حدود ۹۹ درصـد اتمسفر زمین را تشـکیل می‌دهند. مابقی گازها، مقدار بسیار کمی دارند اما اهمیت آن‌ها بسیار زیاد است. اوزون، مولکولی است که از سه اتم اکسیژن تشـکیل شـده اسـت. وجود این لایه در جوّ بالای زمین سـبب جذب پرتوهای پر انرژی ماورابنفش خورشید می‌شود. درصد اجزای تشکیل دهنده جو در شکل ۳-۶ نشان داده شده است.

شکل ۳-۶: اجزای تشکیل دهنده جو زمین

جوّ بر آب و هوای بلند مدت کره زمین و آب و هوای محلی کوتاه مدت تأثیر می‌گذارد و ما را از بسـیاری از تشـعشـعات مضـر خورشـید محافظت می‌کند. همچنین از ما در برابر شـهاب سـنگ‌ها محافظت می‌کند. زیرا اکثر آنها قبل از اینکه بتوانند به عنوان شـهاب سـنگ به سـطح زمین برخورد کنند در جوّ می‌سوزند و در آسمان شب به صورت شهاب سنگ دیده می‌شوند.

ماه

ماه تنها قمر زمین و پنجمین قمر طبیعیِ بزرگ در منظومه خورشیدی است. قطرِ ماه ۳۴۷۶ کیلومتر و فاصله آن از زمین ۳۸۴۰۰۰ کیلومتر است. مساحت سطح آن حدود ۳۸ میلیون کیلومتر مربع است که از مساحت قاره آسیا کم‌تر است. گرانش کره ماه سبب پایدار ماندن محور گردش زمین به دور خود می‌شود که درصورت عدم وجود ماه، انحراف محوریِ زمین مرتباً تغییر می‌کرد و این امر باعث آشفته شدن آب و هوای زمین و فصل‌ها می‌شد.

شکل۳-۷: تصویر ماه از روی زمین، براساس داده‌های ناسا

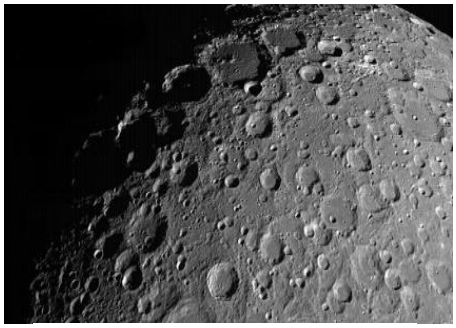
حرکت‌های ماه

مدار حرکت انتقالی ماه به دور زمین بیضی شکل است. جهت گردش ماه به دور زمین مانند مدار گردش زمین به دور خورشید از غرب به شرق است. مدت زمانی که ماه روی مدار خود به مکان اولیه‌اش برمی‌گردد، ۲۷/۳۲۲ روز است. اما مدت زمانی که لازم است تا ماه از ماه نو به ماه بعدی برود، ۲۹/۵۳۱روز است که یک ماه هلالی نامیده می‌شود. مطالعه حرکت‌های ماه به دو دلیل دشوار است:

۱-در حرکت ماه بی نظمی‌های زیادی دیده می‌شود.

۲-نزدیک بودن ماه به زمین، سبب انحراف‌هایی در حرکت آن شده است و به همین دلیل مدار ماه، بطور پیوسته تغییر می‌کند.

سطح ماه



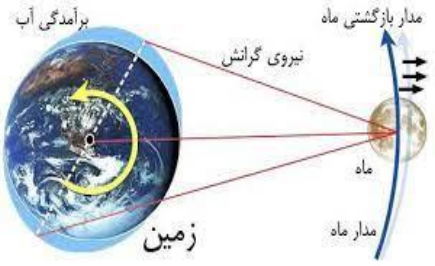
شکل ۳-۸: نمایی از سطح ماه

سطح ماه از مواد بازالتی تشکیل شده است. به دلیل برخورد سیارک‌ها و شهاب‌سنگ‌ها، تمام سطح آن پر از دهانه‌های آبله مانند است. این برخوردها سبب شده است سطح ماه پوشیده از لایه نازکی مخلوط شده از سنگ و خاک سُست باشد. عمق خاک ماه از ۲ متر تا ۱۰ متر متغیر است. این خاک قدرت چسبندگی شن و ماسه را دارد و رنگ آن خاکستری تیره با سایه خرمایی است.

جوّ ماه

تا همین اواخر تصوّر می‌شد که ماه جو ندارد. مطالعات اخیر تایید می‌کنند که جوّ ماه متشکل از برخی گازهای غیرمعمول از جمله سدیم و پتاسیم است که در جوّ زمین یافت نمی‌شوند. در سطح تراز دریا روی زمین، ما در فضایی نفس می‌کشیم که هر سانتی متر مکعب آن شامل $۱۰^{۱۹}$ مولکول است در حالی که در جو ماه $۱۰^{۶}$ مولکول در همان حجم وجود دارد. به دلیل وجود جو بسیار رقیق در ماه، فرسایش سطح ماه به کندی صورت می‌گیرد، صدا در جوّ ماه منتقل نمی‌شود و سطح ماه مکانی خاموش و بی‌صداست. همچنین نور خورشید در آسمان ماه پراکنده نمی‌شود و آسمان ماه همیشه سیاه است. شهاب‌سنگ‌هایی که پیش از رسیدن به زمین در هوا می‌سوزند، از آسمان ماه عبور کرده و با شدت به سطح آن اصابت می‌کنند.

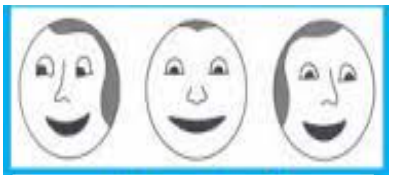
جزر و مد



شکل ۳-۹ : تصویر جزر و مد

نیروی گرانش ماه علت اصلی جزر و مد است. از آنجایی که دریاها مقاومت کمتری نسبت به گرانش نشان می‌دهند و اصولا نرم‌تر هستند، ایستادگی کمتری در برابر نیروی گرانش ماه می‌کنند. برای همین است که توده‌های آب بالا می‌آیند و مد را ایجاد می‌کنند. این پدیده در توده‌های آبی ایجاد می‌شوند که رو به روی ماه قرار دارند. در طرف دیگر کره زمین، توده‌های آبی که از ماه دورند، کمتر تحت تاثیر نیروی گرانش ماه قرار می‌گیرند. این آب‌ها عقب می‌مانند و بالا نمی‌آیند و دچار جزر می‌شوند. تصویر شماتیک جزر و مد در شکل ۳-۹ نشان داده شده است.

رُخ‌گرد ماه



شکل ۳-۱۰: تصویر رخ گرد ماه

یکی از ویژگی‌های ماه این است که همواره یک طرف آن به سمت زمین است. اما پدیده رخ‌گرد باعث خواهد شد ۴۱ درصد از سطح ماه همواره قابل مشاهده باشد و ۴۱ درصد هیچگاه از زمین دیده نشود. ۱۸ درصد باقیمانده گاهی مرئی و گاهی ناپیدا است. در نتیجه آن، ما می‌توانیم در طول یک ماه قمری، حدود ۵۸ درصد از سطح ماه را ببینیم .

اهلّه ماه

همیشه خورشید یک نیم‌کره ماه را روشن می‌کند. اما از روی زمین کسرهای مختلفی از نمیکره ماه روشن دیده می‌شود. به حالت‌های مختلف دیده شدن بخش روشن ماه، اهلّه ماه گفته می‌شود. علت پیدایش اهلّه ماه، تغییر موقعیت مکانی ماه نسبت به خورشید و زمین است. چرخه اهلّه زمین مرکزی ماه یک

شکل ۳-۱۱: تصویر اهله ماه

ماه کامل طول می‌کشد. این اهلّه به ترتیب عبارتند از: ماه نو، هلال افزاینده، ربع اول، محدب افزاینده، ماه کامل، محدب کاهنده، ربع سوم، هلال کاهنده و برگشت به ماه نو(شکل ۳-۱۱).

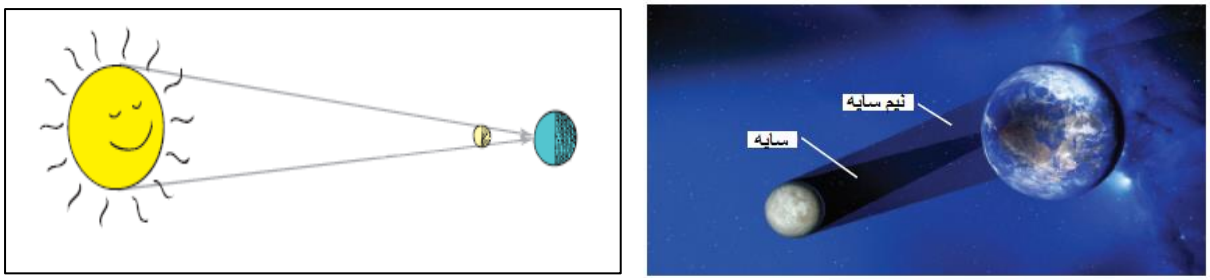
فعالیت

با استفاده از نرم افزارهای پیش بینی جزر و مد ارتفاع سطح لحظه‌ای آب در یک شهر ساحلی دلخواه، در فازهای مختلف ماه را یادداشت کرده و تحقیق کنید در چه فازهایی از ماه حداکثر جزر و مد اتفاق می افتد.

گرفت‌ها: کسوف و خسوف

قطر خورشید ۴۰۰ برابر ماه است، همچنین فاصله خورشید از زمین ۴۰۰ برابر فاصله ماه از زمین است. بنابراین از زمین خورشید و ماه هر دو زاویه یکسان دارند (۰/۵درجه) و به نظر می‌رسد در آسمان هم‌اندازه هستند. این انطباق به ما اجازه می‌دهد خورشید گرفتگی را ببینیم.

وقتی نور خورشید به زمین و ماه می‌تابد سایه تشکیل می‌دهند. زمانی‌که مسیر هر یک از این اجسام از سایه‌ای که توسط دیگری ساخته شده عبور می‌کند ، یک گرفت رخ می‌دهد. خورشید گرفتگی هنگامی رخ می‌دهد که سایه ماه روی زمین می افتد. از آنجا که خورشید بسیار بزرگتر از ماه است ، اشعه‌های خورشید مخروطی شکل می‌شوند و یک سایه که توسط نیم سایه احاطه شده است را پدید می آورند. برای درک بهتر شکل ۳-۱۲ را ببینید.



شکل ۳-۱۲: خورشید گرفتگی

یک ناظر در قسمت سایه در طول کسوف تاریکی را تجربه می کند(کسوف کلی) .کسوف کلی زمانی آغاز می‌شود که خورشید در پشت ماه ناپدید شود ، و با ظهور مجدد خورشید در لبه دیگر ماه به پایان می‌رسد. میانگین زمان کسوف کلی در هر مکان حدود ۲ یا ۳ دقیقه یا حداکثر ۷/۵ دقیقه است. زمان کسوف در هر مکان به دلیل حرکت ماه کوتاه است.

تراز زمین، ماه و خورشید هنگامی که ماه به سایه زمین می‌رود نیز ماه‌گرفتگی یا خسوف ایجاد می‌کند(شکل ۳-۱۳). ماه گرفتگی ممکن است جزئی یا کلی باشد. همه ناظران در سمت تاریک زمین، هم زمان ماه گرفتگی را در منطقه مشاهده می‌کنند. نکته جالب این است که هنگام خسوف کلی ماه به طور کامل قابل مشاهده است.

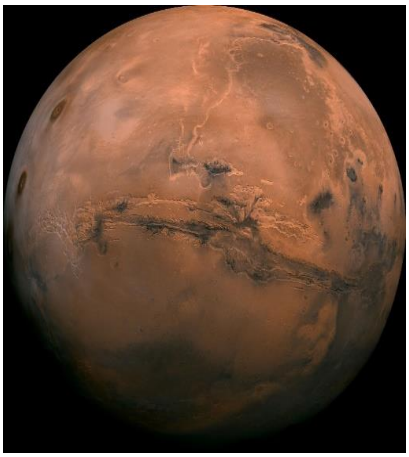
شکل ۳-۱۳: ماه گرفتگی

فعالیت

با استفاده از چراغ قوه و دو کره با اندازه های مختلف خورشید گرفتگی و ماه گرفتگی را تحقیق کنید.

۳-۴ سیارات خارجی

مریخ



شکل ۳-۱۴: مریخ

مریخ یک جهان غبارآلود، سرد و بیابانی است و جو بسیار نازکی دارد. این سیاره پویا دارای فصول ، کلاهک‌های یخی قطبی، دره‌ها و آتشفشان‌های منقرض شده است.

رومیان باستان مریخ را به خدای جنگ خود نامگذاری کردند زیرا رنگ مایل به قرمز آن یادآور خون بود. تمدنهای دیگر نیز سیاره را برای این ویژگی نامگذاری کرده‌اند. به عنوان مثال ، مصریان آن را "Her Desher" ، به معنی قرمز نامیدند. حتی امروزه نیز اغلب سیاره سرخ نامیده می‌شود زیرا مواد معدنی آهن موجود در خاک مریخ اکسید می‌شوند ، یا زنگ می‌زنند و باعث قرمز رنگ شدن سطح می‌شوند.

شعاع مریخ ۳۳۹۰ کیلومتر و تقریباً نصف شعاع زمین است. با فاصله متوسط ۲۲۸ میلیون کیلومتر ، مریخ ۱/۵ واحد نجومی با خورشید فاصله دارد. از این فاصله ، ۱۳ دقیقه طول می‌کشد تا نور از خورشید به مریخ برسد.

هیچ سیاره‌ای فراتر از زمین به اندازه مریخ مورد مطالعه قرار نگرفته است. مشاهدات ثبت شده از مریخ مربوط به دوران مصر باستان بیش از ۴۰۰۰ سال پیش است ، زمانی که آنها حرکات سیاره را در آسمان ترسیم می‌کردند. امروز ، ناوگان علمی فضاپیماهای رباتیک، مریخ را از همه جهات بررسی می‌کنند.

ویژگیهای مریخ

ساختار

یک هسته متراکم در مرکز مریخ است که از آهن، نیکل و گوگرد ساخته شده است. در اطراف هسته گوشته‌ای سنگی وجود دارد و بالاتر از آن پوسته ای ساخته شده از آهن، منیزیم، آلومینیوم، کلسیم و پتاسیم دیده می‌شود.

شکل سطحی

سیاره سرخ در واقع رنگ‌های زیادی دارد. در سطح، رنگ هایی مانند قهوه‌ای، طلایی و برنزی را مشاهده می‌کنیم. دلیل قرمز شدن مریخ به دلیل اکسیداسیون یا زنگ‌زدگی آهن موجود در سنگها، سنگ رگولیت (خاک مریخ) و گرد و غبار مریخ است. این گرد و غبار به جو منتقل می‌شود و از فاصله دور باعث می‌شود که از کره زمین بیشتر قرمز به نظر برسد. سطح مریخ تقریباً خشک است. آتشفشان‌ها، دهانه‌های برخوردی، حرکت پوسته‌ها و شرایط جوی مانند طوفان‌های گرد و غبار در طی سالیان طولانی چشم انداز مریخ را تغییر داده است.

جوّ

مریخ دارای جوّ نازکی است که بیشتر از گازهای دی‌اکسید کربن، نیتروژن و آرگون مقدار کمی اکسیژن و بخار آب تشکیل شده است. جو پراکنده مریخ محافظت چندانی در برابر برخورد اجرامی مانند شهاب سنگ ها، سیارک‌ها و ستاره‌های دنباله‌دار ندارد. دمای مریخ می تواند تا ۲۰درجه سانتیگراد یا تا حدود ۱۵۳- درجه سانتیگراد باشد.

سیاره‌ی بهرام (مریخ) دو قمر طبیعی بسیار کوچک دارد به نام‌های، فوبوس و دیموس (شکل‌های ۳–۱۵ و ۳–۱۶) که احتمالاً از بین سیارک‌های عبوری از نزدیک مریخ جذب شده‌اند. گردش دیموس که قمر بیرونی است ۳۰/۳ ساعت و گردش فوبوس یا قمر درونی ۷/۷۶ ساعت زمان می‌برد. هر دو قمر دارای اشکال بیضی‌گون هستند.

شکل ۳–۱۵: تصویری از فوبوس

شکل۳–۱۶: تصویری از دیموس

مشتری

شکل ۳–۱۷: تصویری از سیاره مشتری

مشتری بزرگترین و پنجمین سیاره دور از خورشید، در منظومه شمسی است. جرم آن بیش از دو برابر مجموع جرم دیگر سیارات می‌باشد. نوارها و حلقه‌های چرخان مشتری در واقع ابرهای سرد، باد آمونیاک و آب هستند که در جوی شامل هیدروژن و هلیوم شناورند.

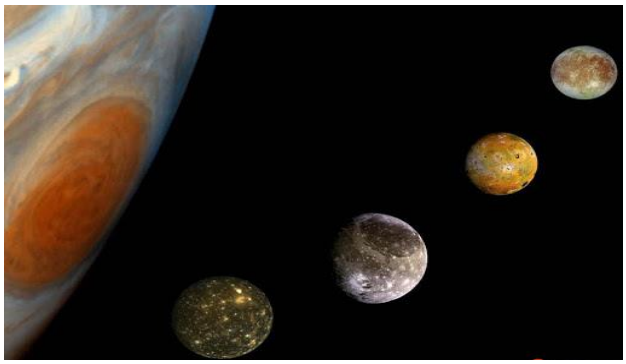
سیاره مشتری به واسطه لکه سرخ رنگش همواره از شهرت خاصی برخوردار بوده است. لکه سرخ رنگ مشتری در واقع یک طوفان در حال چرخش واقع در قسمت جنوبی خط استوای این سیاره است. تماشای این لکه حتی با استفاده از تلسکوپهای زمینی نیز امکان پذیر است. اکنون و به لطف پیشرفتهای خیره کننده‌ای که در علم نجوم شکل گرفته، به روشنی مشخص شده است که این لکه متمایز، طوفان سهمگینی است که صدها سال است به چرخش خود ادامه می‌دهد.

مشتری را ده‌ها ماه احاطه کرده‌اند. مشتری همچنین دارای چندین حلقه است، اما برخلاف حلقه‌های معروف زحل، حلقه های مشتری بسیار ضعیفند و از گرد و غبار ساخته شده‌اند.

شعاع این سیاره ۶۹۹۱۱ کیلومتر است و در فاصله متوسط ۷۷۸ میلیون کیلومتری (۵/۲ واحد نجومی) خورشید واقع شده است. از این فاصله ، ۴۳ دقیقه طول می‌کشد تا نور خورشید به مشتری برسد.

قمرهای مشتری

مشتری ۵۳ قمر تأیید شده و ۲۶ قمر موقت در انتظار تأیید دارد که پس از تایید نام‌گذاری می‌شوند. بزرگ‌ترین قمرهای مشتری به ترتیب فاصله از این سیاره عبارتند از: آیو، اروپا، گانیمد و کالیستو. این چهار قمر را اقمار گالیله‌ای می‌نامند. آیو و اروپا دارای ترکیبات صخره‌ای به همراه کمی مواد یخی هستند. اما گانیمد و کالیستو دارای مقادیر قابل توجهی یخ، آب و سایر مواد یخی با چگالی کم هستند و مقادیر بسیار کمتری از صخره را شامل می‌شوند.



شکل ۳–۱۸: اقمار گالیله‌ای

ویژگیهای مشتری

ساختار

ترکیب مشتری شبیه خورشید است و بیشتر از هیدروژن و هلیوم تشکیل شده است.

شکل سطحی

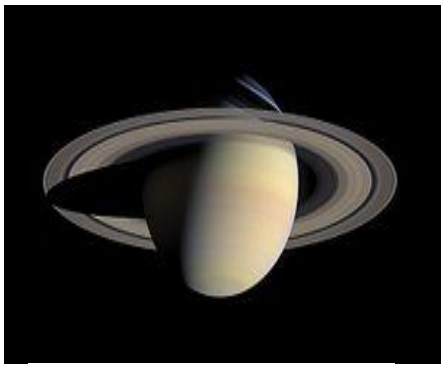
مشتری به عنوان یک غول گازی، سطح واقعی ندارد. این سیاره بیشتراز گازها و مایعات چرخشی تشکیل شده است.

جوّ

اتمسفر مشتری از ۸۶ درصد هیدروژن ۱۴ درصد هلیوم و مقدار ناچیزی متان، آمونیاک، فسفین، آب، استلین، اتان، ژرمانیوم و کربن مونوکسید ساخته شده است. ظاهر مشتری یک تابلو فرش از نوارها و لکه های ابر رنگارنگ است. این سیاره گازی احتمالاً سه لایه ابر مشخص در آسمان خود دارد. ابر بالایی احتمالاً از یخ آمونیاک ساخته شده است، در حالی که لایه میانی احتمالاً از بلورهای هیدروسولفید آمونیوم ساخته شده است. داخلی‌ترین لایه ممکن است از یخ آب و بخار ساخته شده باشد.

شکل ۳-۱۹:تصویر اتمسفر مشتری

زحل



شکل ۳-۲۰: تصویری از سیاره زحل

زحل ششمین سیاره دور از خورشید و دومین سیاره بزرگ منظومه شمسی است. این سیاره که با هزاران حلقه زیبا آراسته شده، در میان سیارات بی‌نظیر است. زحل تنها سیاره‌ای نیست که دارای حلقه‌هایی از تکه‌های یخ و سنگ است اما هیچ حلقه دیگری به اندازه سیاره زحل دیدنی و جذاب نیست.زحل نیز مانند غول گازی مشتری، یک توپ عظیم است که بیشتر از هیدروژن و هلیوم ساخته شده است.

شعاع زحل ۵۸۲۳۲ کیلومتر است. این سیاره ۹ برابر زمین است. با فاصله متوسط۱/۴ میلیارد کیلومتر، زحل ۹/۵ واحد نجومی با خورشید فاصله دارد. از این فاصله ۸۰ دقیقه طول می‌کشد نور خورشید به زحل برسد.

قمرهای زحل

زحل ۸۲ قمر دارد. پنجاه و سه قمر تأیید و نامگذاری شده و ۲۹ قمر دیگر در انتظار تأیید و نامگذاری رسمی هستند.

ویژگیهای زحل

ساختار

مانند مشتری، زحل نیز بیشتر از هیدروژن و هلیوم ساخته شده است. در مرکز زحل یک هسته متراکم از فلزات مانند آهن و نیکل وجود دارد که توسط مواد سنگی و سایر ترکیبات در اثر فشار و گرما جامد شده است.

شکل سطحی

به عنوان یک غول گازی، زحل سطح واقعی ندارد. این سیاره بیشتر گازها و مایعات را در عمق پایین خود می‌چرخاند.

جوّ

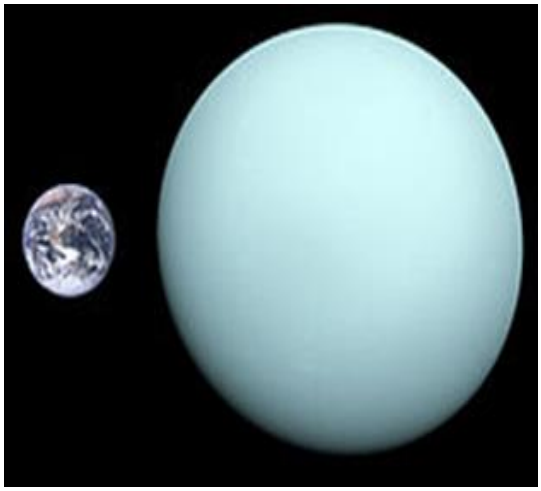
بیشتر جوّ زحل از هیدروژن تشکیل شده با این حال در جوّ این سیاره مقدار کمی هلیوم و نشانه هایی از متان و آمونیاک هم دیده شده است.

حلقه‌ها

حلقه‌ها یا کمربندهای زحل در فاصله ۱۱۲۰۰ کیلومتری آن قراردارند. حلقه‌های زحل، از تکه‌های یخ و همچنین تکه‌های سنگ و غبار تشکیل شده‌اند. حلقه‌های زحل پهن ولی بسیار تخت و نازک هستند. پهنای آن‌ها ۲۸۰ هزار کیلومتر است اما ضخامت آنها از کمتر از ۲ کیلومتر تا ۵ کیلومتر است. حلقه‌های زحل به ترتیبی که کشف شده‌اند نامگذاری شده‌اند.

اورانوس

اورانوس از نظر نزدیکی به خورشید در ردیف هفتم پس از زحل قرار گرفته است. فاصله متوسط این سیاره تا خورشید ۲/۸۷ میلیارد کیلومتر است. شعاع اورانوس تقریباً ۴ برابر شعاع زمین برآورد شده است. از اینرو سومین سیاره از نظر اندازه و چهارمین سیاره از نظر جرم در منظومه شمسی است. جرم اورانوس ۱۴/۵ برابر جرم زمین معادل $8/7 \times 10^{25}$ kg است اورانوس هر ۸۴ سال و ۷ روز یک بار به دور خورشید می‌گردد.



شکل ۳-۲۱: مقایسه اورانوس با زمین

قمرهای اورانوس

اورانوس دارای بیش از ۲۷ قمر است. بزرگترین قمرهای اورانوس، میراندا، آریل، آمبریل، تیتانیا و اوبرون هستند.

بیرونی‌ترین قمر آن اوبرون و بزرگترین قمر آن تیتانیا با قطر ۱۵۸۰ کیلومتر است. این اجرام از صخره و یخ ساخته شده‌اند و سطح آنها از یخ کثیف تشکیل شده است.

شکل ۳-۲۲ تصویری از شش قمر مشهور سیاره اورانوس از چپ به راست:
پاک، میراندا، آریل، اومبریل، تیتانیا و اوبرون

ویژگیهای اورانوس

ساختار

اورانوس یکی از دو غول یخی، در سیارات خارجی منظومه شمسی است (دیگری نپتون). بیشتر جرم این سیاره از مواد یخی مانند آب، متان و آمونیاک تشکیل شده است .

شکل سطحی

اورانوس به عنوان یک غول یخی، سطح واقعی ندارد. این سیاره بیشتر مایعی چرخان است.

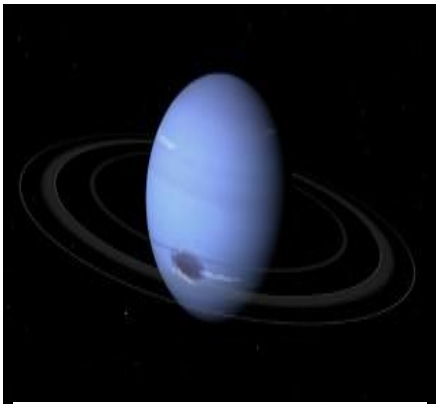
جوّ

جوّ اورانوس بیشتر هیدروژن و هلیوم است و مقدار کمی متان و ردپای آب و آمونیاک در آن دیده شده است. اورانوس رنگ سبز آبی و آبی خود را از گاز متان موجود در جوّ می‌گیرد. نور خورشید از جو عبور می‌کند و توسط ابرهای اورانوس بازتاب می‌شود. گاز متان طیف قرمز نور را جذب می‌کند و در نتیجه یک رنگ سبز آبی ایجاد می‌کند.

حلقه‌ها

اورانوس دو دسته حلقه دارد. سیستم داخلی دارای نه حلقه که بیشتر از حلقه‌های باریک و خاکستری تیره تشکیل شده است. دو حلقه بیرونی وجود دارد: داخلی ترین حلقه مانند حلقه های گرد و غبار در جاهای دیگر منظومه شمسی مایل به قرمز است و حلقه بیرونی آن آبی رنگ است.

نپتون



شکل ۳-۲۳: سیاره نپتون

نپتون کوچک‌ترین سیاره گازی منظومه شمسی و هشتمین سیاره از سمت خورشید است. شعاع نپتون با اندازه ۲۴۶۶۳ کیلومتر تقریباً ۴ برابر شعاع زمین و جرم آن ۱۷/۲ برابر جرم زمین است. فاصله این سیاره تا خورشید ۴/۵ میلیارد کیلومتر (۳۰ واحد نجومی) است. از این فاصله ۴ ساعت طول می‌کشد تا نور خورشید به نپتون برسد. به دلایل زیادی نپتون دوقلوی اورانوس است. چگالی و جرم این دو سیاره از یک مرتبه است و تقریباً یکسان به نظر می‌رسد. به همین دلیل انتظار می‌رود ساختار داخلی نپتون بسیار شبیه ساختار اورانوس باشد.

قمرهای نپتون

سیاره نپتون ۱۴ قمر شناخته شده دارد. به علت دوری بسیار زیاد این سیاره از زمین، مشاهدات زیادی از آن بدست نیامده است. احتمالا قمرهای بسیاری به دور این سیاره آبی رنگ می‌چرخند. اولین قمر کشف شده نپتون، تریتون نام دارد. اسامی برخی دیگر از قمرهای نپتون عبارتند از: دسپینا، گالاتی، هالیمد، لائومدیا، لاریسا، نایاد، نسو، پروتوس، سامات، سائو و تالاسا.

ویژگیهای نپتون

ساختار

نپتون از نظر ساختاری بسیار شبیه به سایر سیارات گازی به خصوص اورانوس است. تفاوتی که در ساختار سیاره‌هایی مانند اورانوس و نپتون دیده می‌شود، به سبب عدم حضور هیدروژن فلزی مایع است که در عوض آن یک ساختار متراکم آب مانندی در اطراف هسته وجود دارد.

شکل سطحی

نپتون سطح جامد ندارد. جو آن بیشتر از هیدروژن، هلیم و متان تشکیل شده است و تا عمق زیادی گسترش می‌یابد و به تدریج در یک هسته جامد سنگین‌تر در آب و سایر یخ های ذوب شده ادغام می‌شود.

جوّ

جوّ نپتون بیشتر از هیدروژن و هلیوم با مقدار کمی متان تشکیل شده است. نپتون سیاره‌ای با بادهای شدید است. بادهای نپتون علی رغم فاصله زیاد و دریافت انرژی کم از خورشید، می‌توانند ۳ برابر مشتری و ۹ برابر کره زمین سرعت داشته باشند.

حلقه‌ها

نپتون حداقل پنج حلقه اصلی و چهار قوس حلقه برجسته دارد. تصور می‌شود که این حلقه ها نسبتاً جوان هستند.

فصل چهارم

اجرام کوچک منظومه شمسی

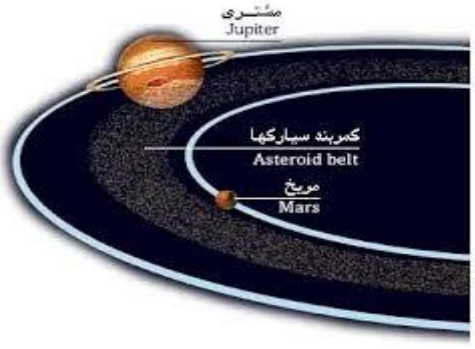
۴-۱ سیارک ها

شکل ۴-۱: سیارک

سیارک ها یا اختر واره‌ها یا استروئیدها اجسام بسیار کوچک و نامنظم آسمانی هستند که از سنگ یا فلز ساخته شده‌اند و مانند سیارات در مدارهای بیضی شکل و خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت، گرداگرد خورشید در گردشند.

در منظومه شمسی هزاران سیارک صخره ای وجود دارد که بیشتر آن ها در مداری بین مریخ و مشتری (۲۰۰ تا ۸۰۰ میلیون کیلومتری خورشید که به آن کمربند سیارکی منظومه شمسی گفته می‌شود) می‌چرخند. قطر کوچکترین سیارک کشف شده از یک کیلومتر کمتر و بزرگترین آنها از ۸۰۰ کیلومتر بیشتر است.

گاهی سیارک ها بر اثر نیروی گرانش سیاره‌ها در مداری گیر می‌افتند، که به آنها «سیارک اسیر» می‌گویند.



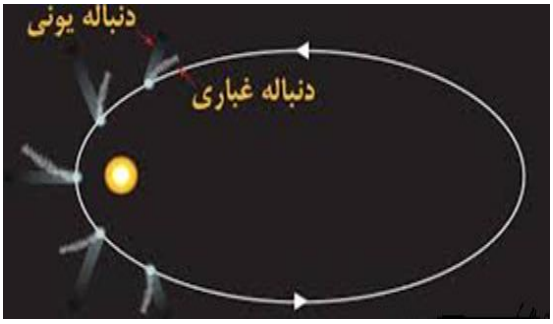
شکل ۴-۲: کمربند سیارکی

توجه عمده ما به سیارک ها از بابت نزدیک شدن آنها به خورشید و زمین است. نزدیک ترین فاصله ثبت شده در ۱۸ مهر ماه ۱۳۱۶(۱۰ اکتبر ۱۹۳۷) روی داد که سیارک کوچک هرمس از فاصله ۸۰۰ هزار کیلومتری زمین عبور کرد. در سال ۱۹۶۸، سیارکی به نام ایکاروس از فاصله ۶/۴ میلیون کیلومتری زمین عبور کرد. از آن جایی که جرم این سیارک‌ها کم است از لحاظ پایداری مداری بسیار ناپایدار بوده و قدرت گرانش اجرام بزرگ منظومه مانند مشتری، مریخ، خورشید و اجرام دیگر به راحتی می‌تواند مدار آن‌ها را تغییر دهد. بنابراین پیش‌بینی مدار این اجرام و در نتیجه محاسبه احتمال برخورد آن‌ها با زمین بسیار دشوار است.

ارزش اقتصادی سیارکها:

ازمنابع آلی و معدنی موجود در سیارک‌ها می‌توان برای تأمین مواد و آب مورد نیاز جهت ساخت تجهیزات فضایی و مداری استفاده نمود. اینک بسیاری از مراکز پژوهشی مرتبط با فناوری فضایی در حال مطالعه امکان سفر به سیارک‌ها و برداشت از ذخایر طبیعی آن‌ها هستند.

۴-۲ دنباله دارها



شکل ۴-۳: دنباله‌دار

دنباله‌دارها که به ستاره‌های دنباله دار معروف هستند، شاید از جالب‌ترین اجرام منظومه شمسی باشند؛ ظاهر آنها با ماهیت واقعی شان خیلی فرق دارد. دنباله دارها مانند سیاره‌ها در مدارهای بیضی شکل به دور خورشید می‌چرخند اما مدار آنها نسبت به مدار سیاره‌ها بسیار کشیده است. دنباله‌دارها از گازهای منجمد، سنگ و گرد و غبار ساخته شده اند.

ساختار دنباله‌دار شامل سه بخش هسته، گیسو و دم است. هسته بخش مرکزی پر نور و نسبتا کوچک آن است که از گرد و غبار، گاز، سنگ و یخ ساخته شده است. در واقع هسته متراکم ترین بخش ستاره دنباله دار است. وقتی که دنباله‌دار نزدیک خورشید می‌شود، یخ‌های موجود در هسته آن تبخیر می‌شود و تبدیل به ابر

بزرگی پیرامون دنباله‌دار می‌شود که گیسو نام دارد. دنباله‌ی ستاره دنباله‌دار ماهیت ناپایداری دارد و شباهت بسیار به دودی دارد که از دودکش خارج می‌شود. این دنباله با نزدیک شدن دنباله دار به خورشید ظاهر شده و به تدریج بزرگتر می‌شود و با دور شدن از خورشید به تدریج کوچک شده و ناپدید می‌شود. تابش خورشید باعث می شود گازهای تشکیل دهنده دنباله از گیسو رانده شوند. دنباله همیشه به سمت خلاف جهت خورشید کشیده می‌شود.

معروفترین دنباله دار، دنباله دار هالی است. ادموند هالی (۱۷۴۲ – ۱۶۶۵) نخستین کسی بود که دنباله‌دار مشاهده شده در سال ۱۶۸۲ را همان دنباله‌داری دانست که ۷۶ و ۱۵۱ سال قبل مشاهده شده بود و پیش بینی کرد مشاهده بعدی این دنباله‌دار در اوایل سال ۱۷۵۹ باشد. او زنده نماند تا تحقق پیش بینی‌هایش را ببیند. اما این دنباله دار در آوریل ۱۷۵۹ ظاهر شد و تا کنون سه دیدار بعدی را سر وقت انجام داده است.

شکل ۴-۴: دنباله‌دار هالی

اهمیت دنباله دارها:

مطالعه دنباله دارها به دو دلیل مورد توجه دانشمندان است:

۱- دنباله‌دارها از همان موادی ساخته شده‌اند که ابتدا خورشید و بقیه منظومه شمسی از آن به وجود آمده‌اند.

۲-دنباله‌دارها ممکن است حاوی موادی از محیط میان ستاره‌ای باشند.

این موارد ممکن است فرایندهای اولیه پیدایش منظومه شمسی را بر ما آشکار سازد.

مقایسه سیارک‌ها و دنباله‌دارها

تفاوت اصلی سیارک‌ها و دنباله دارها، در جنس مواد تشکیل دهنده‌ی آن‌ها است. سیارک‌ها متشکل از مواد فلزی و سنگی‌اند؛ درحالی که دنباله‌دارها از مواد یخی، سنگی و گرد و غبار ساخته شده‌اند. هر دوی این اجرام فضایی در نخستین دوران‌های تشکیل منظومه شمسی در حدود ۴/۵ میلیارد سال پیش به وجود آمده‌اند. سیارک‌ها در جایی بسیار نزدیکتر به خورشید تشکیل شده‌اند؛ بسیاری از آن‌ها در میان مدار مریخ و مشتری قرار گرفته‌اند و به دور خورشید می‌چرخند. اما دنباله‌دارها در فواصل دورتری از خورشید تشکیل شده‌اند که یخ در آن مناطق ذوب نمی‌شود.

تفاوت عمده دیگری نیز میان دنباله‌دارها و سیارک‌ها وجود دارد. با نزدیک شدن دنباله‌دار به قسمت‌های داخلی منظومه شمسی، گرمای خورشید منجر به تبخیر قسمتی از یخ موجود در سطح هسته آن می‌شود و ذرات غبار و گاز با فشار از دنباله‌دار به فضا خارج می‌گردند که به این قسمت گیسو می‌گویند.

تفاوت دیگر شکل مداری آن‌ها است، دنباله دارها دورترین اجرام منظومه شمسی ما هستند که مدارهای کشیده و طولانی دارند. این در حالی است که سیارک‌ها، در مدارهایی کوتاه‌تر و مدورتر مستقرند که معمولاً در دسته‌هایی بصورت کمربند به گرد خورشید می‌چرخند.

۴-۳ شهاب سنگها

شهاب‌سنگ یا سنگ آسمانی تکه جامد بازمانده از جرم‌هایی مانند دنباله‌دار، سیارک یا شهاب‌واره است که در اصل در فضای بیرونی ساخته شده و توانسته پس از گذر از جوّ مقاومت در برابر برخورد با جوّ، بر روی سطح زمین یا یک سیاره دیگر فرود آید.

گاهی شهاب‌سنگ‌ها با سرعت زیاد وارد جوّ زمین (یا سیاره دیگری مانند مریخ) می‌شوند و می‌سوزند، این گلوله های آتشین را شهاب می‌نامند اما اگر از جوّ عبور کرده و به زمین برخورد کند ، به آن شهاب‌سنگ می‌گویند. برخی از شهاب سنگ‌ها سنگی هستند، در حالی که برخی دیگر از فلزات یا ترکیبی از سنگ و فلز ساخته شده‌اند.

شـــهاب‌هایی که از جوّ زمین می‌گذرند، اندازه‌های بســـیار گوناگونی دارند. برای زمین‌شـــناســـان، یک آذرگوی، شهاب‌سنگی است که به اندازه کافی بزرگ باشد تا بتواند یک دهانه برخوردی درست کند این اجرام هنگامی که به درون جوّ زمین می‌آیند، از سمت پهنای زیادشان از جوّ می‌گذرند و دهانه‌ها و پستی و بلندیهای گوناگونی را از خود بر روی زمین بجا می‌گذارند، دهانه بارینجر در آریزونا و دهانه ورد فورت در آفریقای جنوبی نمونه‌هایی از این دهانه‌ها هستند . روزانه حدود ۵۰ تن شـهاب‌سـنگ به درون جوّ زمین می‌آید و بیشتر آن‌ها در لایه مزوسفر (سومین لایه تشکیل دهنده جوّ زمین) تبخیر می‌شوند.

شکل ۴- ۵: نمونه شهاب سنگ از جنس آهن -نیکل

بارش شهابی

بارش شـهابی یک پیش‌آمد آسـمانی در آسـمان شـب اسـت که در هنگام عبور سـیاره زمین در پیمودن مسـیر مدار خود از میان توده‌ای از شـهاب‌واره ها رخ می‌دهد. در جریان حادث شـدن این رویداد تعداد زیادی شهاب‌واره در جوِّ زمین می‌سوزند. هر بارش شهابی در ناحیه مشخصی از آسمان اتفاق می‌افتد و به این محل کانون بارش گفته می‌شـود. جهت حرکت شـهاب‌ها متفاوت اسـت ولی امتداد مسـیر آن‌ها به کانون بارش آن رویداد منتهی می‌شود.

شکل ۴-۶: بارش شهابی

دهانه برخوردی

دهانه برخوردی در ستاره‌شناسی به فرورفتگی، حفره یا گودالی در خاک اجرام آسمانی، از جمله زمین، که در اثر برخورد شهاب سنگ پدید آمده باشد گفته می‌شود.

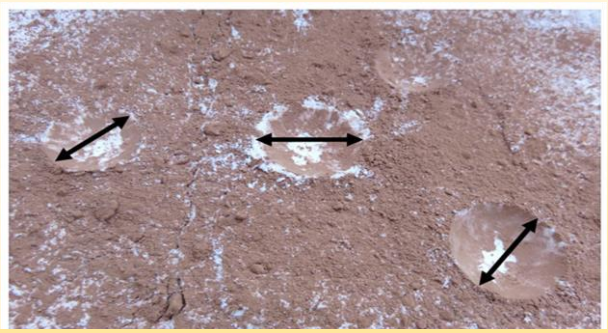
در یک میلیارد سال نخست تاریخ منظومه شمسی، بمباران بزرگی از شهاب‌ها در همه سیاره‌ها رخ داده که تعداد زیادی از دهانه‌های برخوردی نتیجه این بمباران هستند. شیوه دگرگونی این دهانه‌ها و مقدار فرسایش آن‌ها اطلاعات زیادی در مورد تاریخ تحولات و فعالیت‌های جغرافیایی سیارات به‌دست می‌دهد.

فعالیت

به کمک جعبه مقوایی، آرد، پودر کاکائو و اجسام تقریبا کروی مانند توپ دهانه برخوردی ایجاد کنید.

تحقیق کنید آیا اندازه دهانه با اندازه شهاب سنگ ارتباط دارد؟

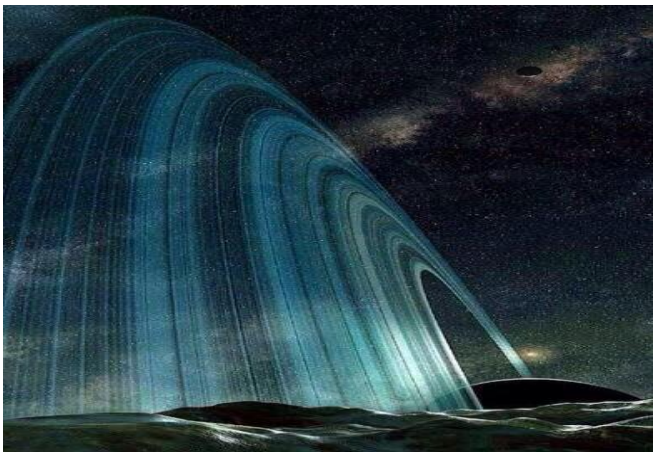
چه تفاوتی بین شهاب سنگ ها وجود دارد؟ چگونه دهانه برخوردی ایجاد می شود؟



۴-۴ حلقه‌ها

حلقه، مجموعه‌ای از گرد و غبار یا ذرات ریز است که یک دیسک تخت را تشکیل می‌دهد. ضخامت حلقه‌ها کمتر از ۳۰ کیلومتر است. بنابراین بسیار نازک هستند و شفاف به نظر می‌رسند.

چهار سیاره بزرگ منظومه شمسی یعنی مشتری، زحل، اورانوس و نپتون دارای حلقه هستند. حلقه‌ها از قطعات یخ و سنگ ساخته شده‌اند. اندازه این قطعات بسیار متفاوت است. در هر حلقه قطعاتی از اندازه یک کوه گرفته تا ذرات ریز دود شناور هستند. منشاء اجزاء حلقه ممکن است بقایای قمرهای خرد شده و یا قطعات جدا شده از قمرهای اطراف آن سیاره باشد. شکل ۴-۷، تصویری است از حلقه‌های زحل که از روی یکی از اقمار آن گرفته شده است.



شکل ۴-۷: تصویری از حلقه‌های زحل که از روی یکی از اقمار آن

۴-۵ قمرها

دو سیاره زهره و عطارد هیچ قمری ندارند. زمین دارای یک قمر بزرگ است و مریخ دو قمر دارد. بنابراین فقط سه قمر در اطراف سیارات خاکی در چرخش هستند. اما چهار سیاره دیگر یا همان سیارات مشتری‌گون هرکدام دارای حداقل ده‌ها قمر هستند. تاکنون بیش از ۲۰۰ قمر برای منظومه شمسی ثبت شده است. بیشتر این اقمار بسیار کوچک هستند و با تلسکوپ های بزرگ نیز مشاهده نشده‌اند. در حال حاضر زحل با ۸۲ قمر، رکورددار است از این تعداد پنجاه و سه قمر تأیید و نامگذاری شده و ۲۹ قمر دیگر در انتظار تأیید و نامگذاری رسمی هستند.

پس از زحل، مشتری قرار می‌گیرد. مشتری ۵۳ قمر تأیید شده و ۲۶ قمر موقت در انتظار تأیید دارد. اورانوس ۲۷ و نپتون ۱۴ قمر دارد. از این تعداد، سه قمر مشتری ابعادی به بزرگی یک سیاره دارند که عبارتند از: گانیمد، کالیستو و آیو. در این میان تیتان تنها قمری است که جو دارد و از نظر بزرگی پس از گانیمد قرار می‌گیرد.

شکل ۴-۸: برخی از قمرهای منظومه شمسی

۴-۶ گاز و گرد و غبار بین سیاره ای

غبار بین سیاره‌ای، ذرات بین سیاره‌ها در منظومه شمسی و دیگر سیستم‌های سیاره‌ای است و معمولاً متشکل از گاز با شکل‌های یونی، مولکولی یا اتمی به همراه غبارها و پرتوهای کیهانی است. در میان ذرات غبار، از بلورهای یخ زده آب، آمونیاک و متان تا ترکیبات بسیار پیچیده یافت می‌شود. بیشتر گاز موجود در فضای بین ستارگان، هیدروژن است. در بعضی از نقاط گاز و غبار در کنار هم جمع یا بوسیله گرانش جاروب می‌شوند و ابرهای ضخیمی تشکیل می‌دهند. بعضی از این ابرها چنان ضخیم هستند که جلوی نور ستارگان ورای خود را کاملا می‌گیرند.

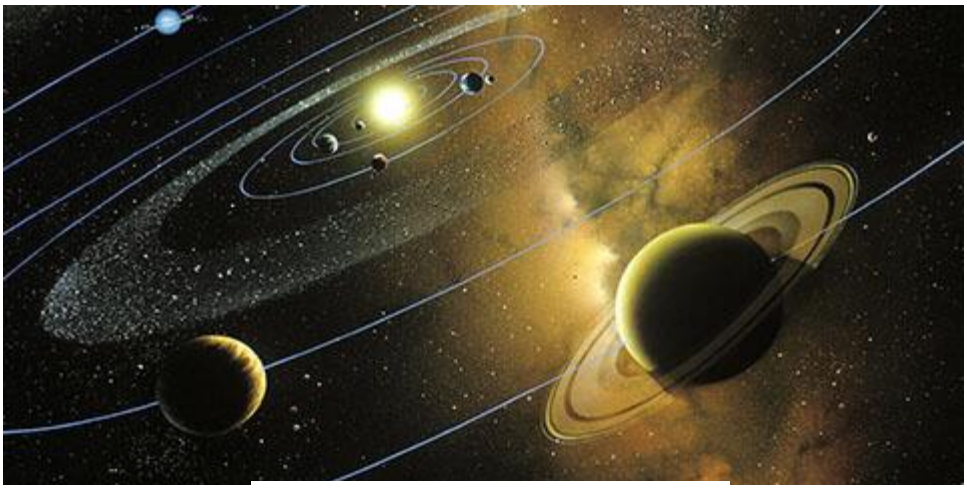
در منظومه شمسی ذرات غبار بین سیاره‌ای نقش مهمی در پراکندگی نور خورشید و انتشار تابش حرارتی دارند که این یکی از برجسته‌ترین ویژگی‌های نور شب در محدوده طول موج ۵ تا۵۰ میکرومتر است. علاوه بر این، امروزه احتمال داده می‌شود غبار بین سیاره‌ای توانایی انتقال مواد مورد نیاز برای به وجود آمدن حیات در سیارات یا توانایی انتقال میکرو ارگانیسم‌ها را داشته باشد.

۴-۷ شکل گیری منظومه شمسی

منظومه شمسی ما حدود ۴/۵ میلیارد سال پیش از ابر متراکم گازی و گرد و غبار بین ستاره‌ای شکل گرفت. این ابر احتمالاً به دلیل شوک یک ستاره در حال انفجار در همان نزدیکی در هم فرو ریخته است. وقتی این ابر گرد و غبار فرو ریخت، سحابی خورشیدی را به شکل دیسک چرخان از مواد تشکیل داد .

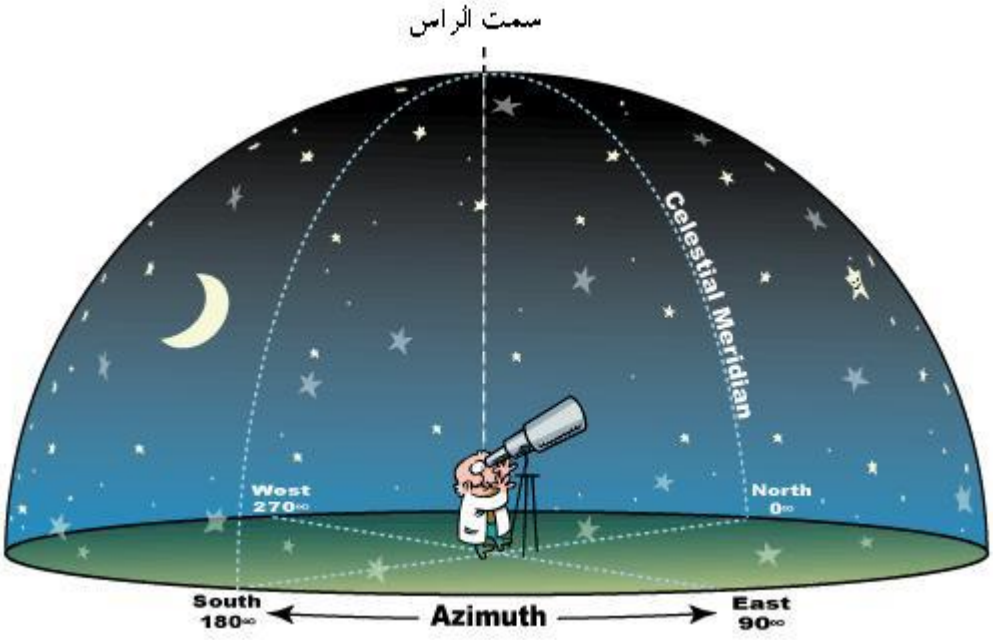
در مرکز گرانش، مواد بیشتری را به داخل کشید. سرانجام فشار در هسته آنقدر زیاد شدکه اتمهای هیدروژن شروع به ترکیب و تشکیل هلیوم کردند و مقدار بسیار زیادی انرژی آزاد کردند و خورشید ما متولد شد و سرانجام بیش از ۹۹ درصد مواد موجود را جمع کرد.

مواد دورتر در دیسک نیز با هم جمع شد. این توده ها به یکدیگر شکسته و اجسام بزرگتری را تشکیل دادند. بعضی از آنها به اندازه کافی بزرگ شدند که جاذبه، آنها را به شکل کره درآورد و سیارات، سیارات کوتوله و قمرهای بزرگ بوجود آمدند. سپس کمربند سیارکی از قطعات اولیه منظومه شمسی ساخته شد که هرگز به طور کامل در یک سیاره جمع نشدند. باقی مانده‌های کوچکتر دیگر، به سیارک، دنباله‌دار، شهاب سنگ و قمرهای کوچک و نامنظم تبدیل شدند.



شکل۴-۹: نمایی شماتیک از منظومه شمسی

فصل پنجم



سیستم‌های مختصات

دستگاه مختصات سماوی

دستگاه مختصاتی است که بر کره آسمان بنا شده است و مطابق آن می‌توانیم مختصات هر نقطه یا جرمی را در پهنه آسمان توسط چند عدد مشخص نماییم.

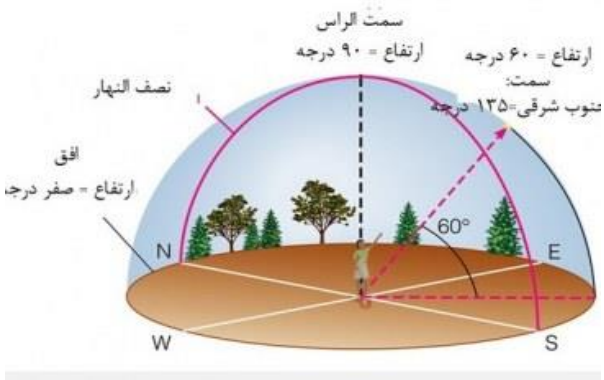
کره سماوی یا کره آسمانی یک کره فرضی است با شعاعی بی‌نهایت که مرکز آن، مرکز زمین یا مکان ناظر (کسی که به آسمان نگاه می کند) است.

شکل ۵-۱: کره سماوی

دستگاه مختصات سماوی چند نوع است: دستگاه مختصات افقی، دستگاه مختصات استوایی، دستگاه مختصات دایره البروجی

۵-۱ دستگاه مختصات افقی

دستگاه مختصات افقی یا سمتی- ارتفاعی ابتدایی‌ترین دستگاه مختصات است که در آن، مختصات هر جرم آسمانی با توجه به موقعیت ناظر متفاوت است. ناظر باید تصور کند که بر صفحه‌ای صاف در مرکز نیم کره‌ای پهناور قرار گرفته که اجرام آسمانی از روی آن عبور می‌کنند این صفحه پهناور افق نام دارد (شکل ۵-۲). مختصات بدست آمده از آن، سمت (Azi) و ارتفاع (Alt) است که هر دو مؤلفه مختصاتی به محل ناظر روی زمین بستگی دارد.



شکل ۵-۲: سمت و ارتفاع در دستگاه مختصات افقی

نصف النهار سماوی یا نصف النهار ناظر، نیم دایره فرضی در آسمان ناظر از دو نقطه شمال به جنوب افق که از قطب سماوی، سمت الراس و استوای سماوی می‌گذرد و آسمان را به دو نیمه شرقی و غربی تقسیم می‌کند (در شکل ۵-۲، محور سماوی همان نصف النهار سماوی می باشد).

سمت: در مختصات افقی آسمان و به عبارتی در ستاره شناسی یک زاویه‌ی اندازه گیری در مختصات کروی است که از نقطه شمال به سمت شرق ، از 0° تا 360° اندازه‌گیری می‌شود. سمت شمال صفر درجه، شرق ۹۰درجه، جنوب ۱۸۰ درجه و غرب ۲۷۰ درجه است. بنابراین حرکت آن به این صورت است: شمال- شرق- جنوب- غرب. پس با زاویه‌ی سمتی می‌توان موقعیت جرم را در آسمان مشخص کرد (شکل ۵-۲). توجه داشته باشید این تعریف برای ناظری که در نیمکره شمالی آسمان قرار گرفته است، صادق است. برای ناظر نیمکره جنوبی، سمت از نقطه جنوبی به سمت شرق اندازه گیری می‌شود.

سمت: Azimuth

بازه : 0° تا 360°+ درجه

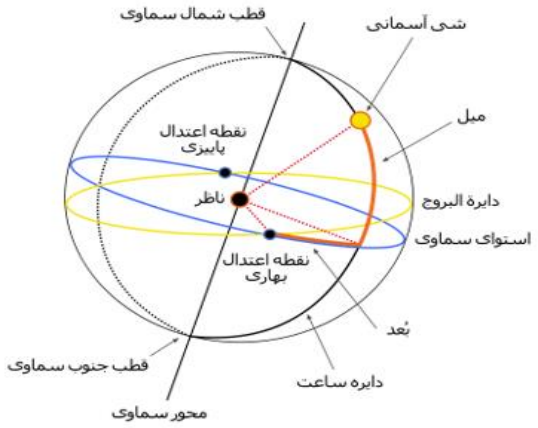
مبدا : شمال سماوی

نماد: Azi

ارتفاع: در مختصات افقی آسمان به زاویه‌ی بین افق و ستاره یا جرم آسمانی مورد نظر گفته می‌شود. با این تعریف ارتفاع، نقطه‌ای در افق صفر است. (شکل ۵-۲).

۵-۲دستگاه مختصات استوایی

دستگاه مختصات استوایی از جمله دستگاه‌های مختصات سماوی است که بیشترین و عمومی‌ترین کاربرد را دارد. مختصاتی چون میل (δ) و بعد (α) از آن بدست می‌آید که مشابه عرض و طول جغرافیایی روی سطح زمین هستند.



شکل ۵-۳: بعد و میل در دستگاه مختصات استوایی

بُعد: در مختصات استوای سماوی(استوایی) به جای طول جغرافیایی اصطلاح بُعد به کار می‌رود. بُعد، مانند زمان، بر حسب ساعت و دقیقه از نقطه‌ی اول حَمَل یا نقطه‌ی اعتدال بهاری به سمت مشرق (در شکل فوق در خلاف جهت عقربه های ساعت) تقسیم‌بندی می‌شود. چنانچه بُعد به صورت زاویه‌ای در نظر گرفته شود، هر ۱۵درجه معادل ۱ ساعت می‌باشد(شکل ۵-۳).

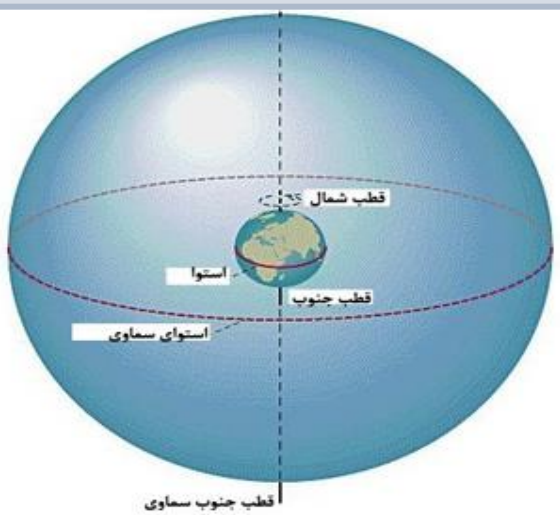
بعد : Right ascention

بازه : ۰تا ۲۴ ساعت

مبدا : نقطه اعتدال بهاری (vernal equinox)

نماد : α

استوای سماوی (آسمانی): اگر صفحه استوای زمین را امتداد دهیم، کره آسمان را در دایره بزرگی به نام استوای سماوی قطع خواهد کرد. برای درک بهتر شکل ۵-۴ را ببینید.



شکل ۵-۴: استوای سماوی

میل: در دستگاه مختصات استوایی به جای عرض جغرافیایی اصطلاح میل به کار می‌رود. میل برای سنجش موقعیت اجرام در کره‌ی آسمان نسبت به استوای سماوی استفاده می‌شود. به کوچک‌ترین زاویه بین یک شی معین و استوای سماوی گفته می‌شود و از -۹۰° درجه تا $+۹۰^{\circ}$ درجه تغییر می‌کند. (شکل ۵-۳).

میل: declination

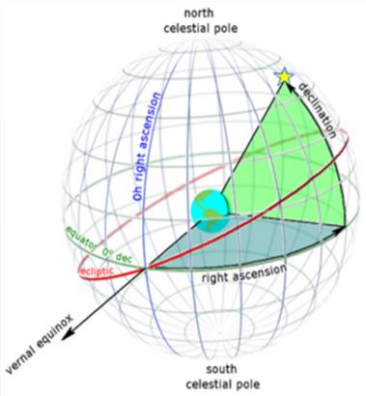
بازه : -۹۰° تا $+۹۰^{\circ}$ درجه

مبدا : استوای سماوی

نماد: δ

فعالیت:

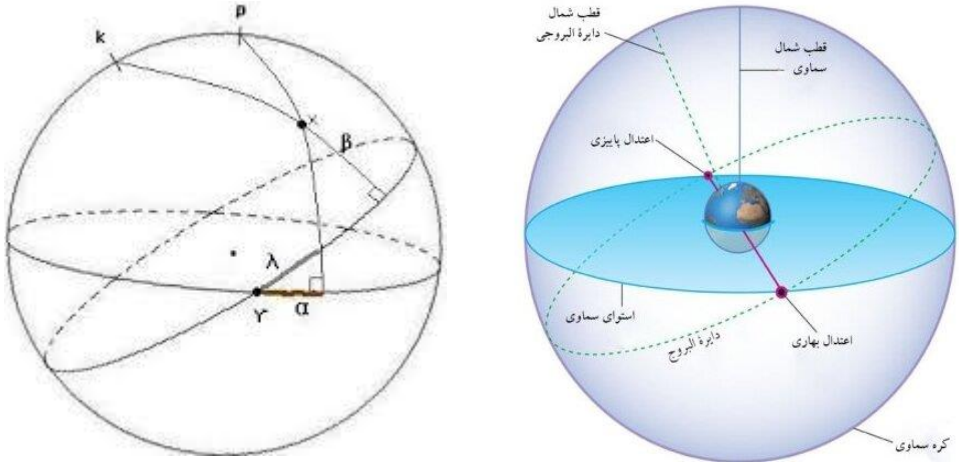
بعد و میل جرم زیر را در آسمان بر حسب ساعت و درجه مشخص کنید؟



۵-۳ دستگاه مختصات دایره البروجی

یکی از دستگاه های مختصات سماوی است که برای مکان یابی اجرام آسمانی با در نظر گرفتن دایره البروج به عنوان صفحه مرجع و با تعیین طول و عرض سماوی آن اجرام صورت می‌گیرد.

دایره البروج، دایره‌ای فرضی در آسمان است که ظاهرا (از دید ساکنان کره‌ی زمین) به نظر می‌آید که خورشید در مدت یک سال آن دایره را طی می‌کند.



شکل ۵-۵: دایره البروج در کره سماوی

طول سماوی: طول سماوی یکی دیگر از مختصات سیستم دایره البروجی می‌باشد که از صفر تا ۳۶۰ درجه تغییر می‌کند و جهت شمارش آن نیز از اولین نقطه حمل (اعتدال بهاری) به سمت شرق است. طول سماوی با نام طول دایره البروجی هم شناخته می‌شود (شکل ۵-۵).

طول سماوی: celestial longitude

بازه : ۰° تا ۳۶۰°+ درجه

مبدا : اعتدال بهاری

نماد: λ

عرض سماوی: عرض سماوی یکی دیگر از مختصات سیستم دایره البروجی است و فاصله‌ی زاویه‌ای یک جسم آسمانی نسبت به دایره البروج است. این اندازه در شمال دایره البروج مثبت و در جنوب آن منفی در نظر گرفته می‌شود. که از صفر تا ۹۰+ درجه (شمال دایره البروج) و از صفر تا ۹۰- درجه (جنوب دایره البروج) تغییر می‌کند. (شکل ۵-۵) .

عرض سماوی: celestial latitude

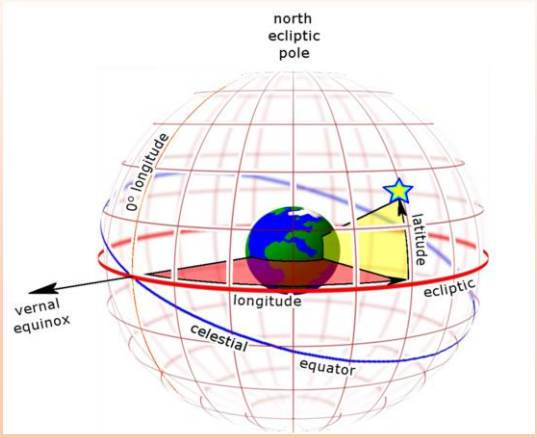
بازه : ۹۰°- تا ۹۰°+ درجه

مبدا : دایره البروج

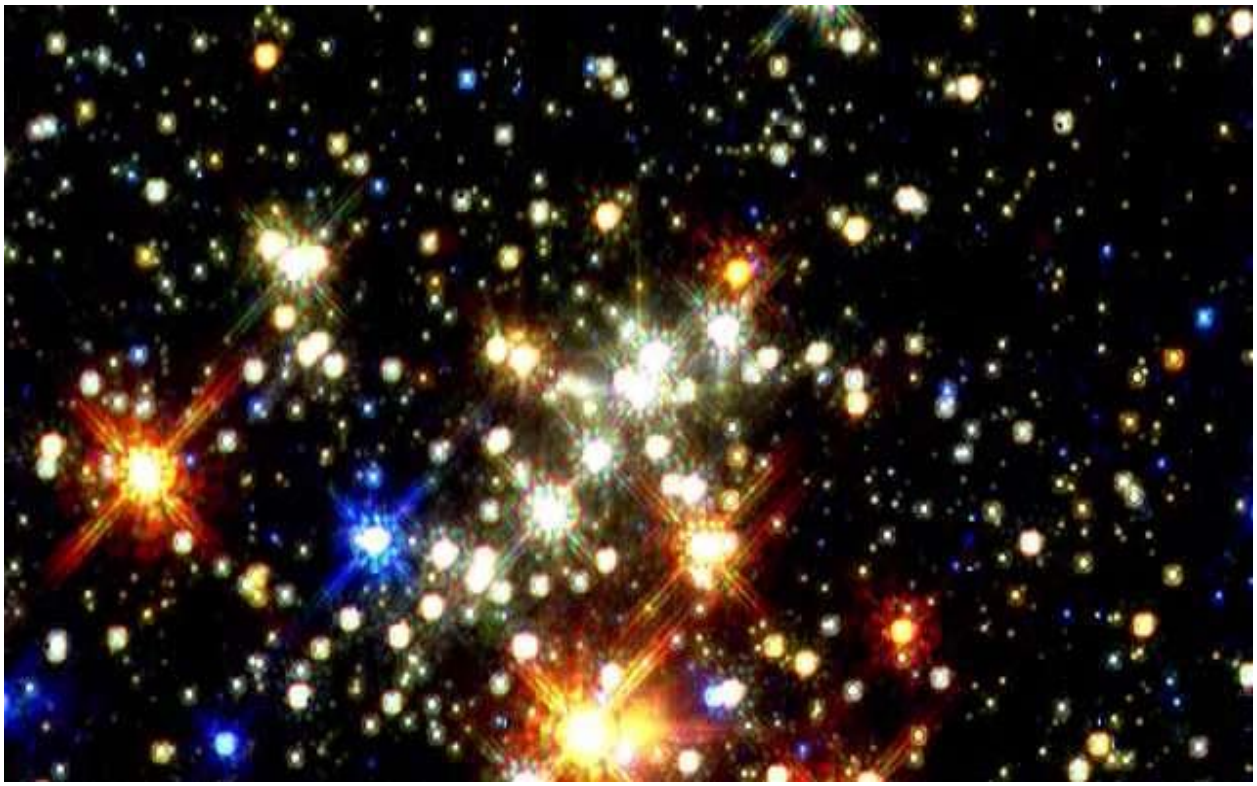
نماد:β

فعالیت:

طول و عرض دایره البروجی جرم زیر را در آسمان بر حسب درجه مشخص کنید؟



فصل ششم



ستارگان

ستاره‌ها اجرام آسمانی درخشان و بسیار داغی از جنس پلاسما هستند که انسجام خود را با نیروی گرانش حفظ می‌کنند. نزدیکترین ستاره به زمین، خورشید و پس از آن پروکسیما قنطورس است. ستارگانی که در شب از روی زمین قابل رؤیت هستند، به دلیل فاصله‌ی بسیار دورشان به شکل نقاطی ثابت و روشن دیده می‌شوند. یک ستاره حداقل در بخشی از عمر خود، به دلیل همجوشی هسته‌ای، تبدیل هیدروژن به هلیم که در مرکز آنها رخ می‌دهد، می‌درخشد. انرژی ایجاد شده از بخش درونی ستاره می‌گذرد و به فضای بیرونی اطراف تابیده می‌شود.

تولد ستاره

ستارگان در ابرهای گرد و غبار متولد شده و در بیشتر کهکشان‌ها پراکنده می‌شوند. نمونه آشنا ابر گرد و غبار، سحابی جبّار است. تلاطم در اعماق این ابرها باعث ایجاد گره‌هایی با جرم کافی می‌شود که گاز و گرد و غبار در اثر جاذبه خود می‌توانند شروع به فروریزش کنند. با ریزش ابر، مواد در مرکز شروع به گرم شدن می‌کنند. این هسته داغ در مرکز ابر در حال فروپاشی، روزی تبدیل به یک ستاره می‌شود. مدل های سه بعدی رایانه‌ای شکل گیری ستاره، پیش بینی می‌کنند که ابرهای در حال چرخش گاز و گرد و غبار در حال تجزیه، ممکن است به دو یا سه حباب شکسته شوند. این موضوع توضیح می‌دهد که چرا بیشتر ستارگان کهکشان راه شیری زوج هستند یا در گروههایی از چندین ستاره قرار دارند. لازم به ذکر است که از ابرهای ملکولی غول پیکر، ستارگان بیشتری متولد می‌شوند.

با فروپاشی ابر ، یک هسته داغ و متراکم تشکیل می‌شود که به دلیل جاذبه گرانشی، شروع به جمع آوری گرد و غبار و گاز می‌کند البته همه گرد و غبار و گاز تبدیل به ستاره نمی‌شود، باقیمانده می‌تواند به سیاره، سیارک یا دنباله‌دار تبدیل شود یا ممکن است به شکل گرد و غبار باقی بماند، زمانی که این هسته داغ به حدی برسد که واکنش‌های هسته‌ای در آن اتفاق بیفتد، آنگاه عمر یک ستاره آغاز می‌شود.

۱-۶ ویژگیهای ستارگان

جنس ستارگان

شاید تصور ما این باشد که ستارگان کره‌هایی از گاز هستند. اما باید گفت که هسته ستارگان از نوعی ماده به نام پلاسما (حالت چهارم ماده) تشکیل شده است. هسته ستارگان دمای بسیار زیادی دارد و بنابراین تمام واکنش‌های هسته‌ای درون ستاره، در مرکز آن اتفاق می‌افتد.

اندازه ستارگان

ستارگان به اندازه‌های گوناگون هستند،کوچکترین ستاره شناخته شده دارای قطری در حدود ۶۵۰۰ کیلومتر است و بزرگترین آنها قطری در حدود ۳۰۰۰ برابر قطر خورشید، دارد.

قطر خورشید یک میلیون و سیصد و نود هزار کیلومتر است.

جرم و چگالی ستارگان

تفاوت میان جرم ستارگان بسیار کم است، در حالت معمولی جرم بیشتر آنها بین یک پنجم، تا پنج برابر جرم خورشید است.

چگالی، که از تقسیم جرم بر حجم به دست می‌آید، نشان دهنده تراکم ماده داخل ستاره است. ستارگان از جهت چگالی بر خلاف جرم، تفاوت های زیادی با هم دارند که این ناشی از تفاوت حجم آنها است، چرا که برخی از ستارگان بسیار کوچک و برخی بسیار غول پیکر می باشند. چگالی‌های کشف شده از یک طرف $۱۰^{۱۵}$برابر آب و از طرفی دیگر چگالی در حدود $۱۰^{-۸}$ برابر چگالی آب را دارا می باشند.

چگالی آب ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است.

جوّ ستارگان

جوّ ستاره به عنوان بخشی از ستاره که نسبت به تابش شفاف است، تعریف می‌شود. سطح ستاره، به جای آن که مانند سطح زمین سخت باشد، ناحیه‌ای اسفنجی است و به عنوان لایه‌ای از ستاره که بعد از آن ماده کدر و غیر شفاف است، تعریف می شود. کدری مواد ستاره در زیر جوّ، رفته رفته افزایش می یابد تا جایی که سر انجام هیچ پرتو نوری نمی‌تواند بدون واکنش با گاز از آن بگذرد. جوّ ستاره از این نظر مهم است که خطوط جذبی طیفی که به راحتی مشاهده و مطالعه می‌شوند، در این ناحیه شکل می‌گیرند.

کدری معیاری برای سنجش نفوذ ناپذیری در برابر تابش‌های الکترومغناطیسی و دیگر تابش‌ها است.

حرکت‌های ستاره ای

فرض کنید یک اتومبیل با سرعت زیادی از کنار شما بگذرد و در همین هنگام نیز یک هواپیما در فاصله دوری از شما با سرعت بسیار زیاد در حال حرکت باشد، به نظر می‌آید ماشین سریعتر حرکت می‌کند در صورتی که واقعیت چیز دیگری است.

ستاره ها اجرام ثابتی نیستند. آن‌ها در مدارهای مشخصی به دور مرکز کهکشان گردش می‌کند که این سرعت چرخش نیز بسیار سریع است اما درست مانند مثال بالا به دلیل فاصله زیاد ستاره ها از ما این حرکت در مدت چند سال به سختی قابل تشخیص است.

طیف ستارگان

وقتی که طیف بسیاری از ستارگان مورد تحلیل قرار گرفت، مشخص شد که آنها را میتوان به طور طبیعی در چند گونه طیفی دسته بندی کرد که اصطلاحاً به آن رشته طیفی گفته می شود و عبارتند از:

$$O, B, A, F, G, K, M$$

در این رده‌ی طیفی، O گرمترین و M سردترین ستاره است. جنس مواد سطح ستارگان را میتوان از طیف جذبی آنها تشخیص داد؛ یعنی در طیف آنها خطوط تیره وجود دارد که هر کدام نمایانگر عنصری هستند مانند هیدروژن و هلیوم. در ستارگان رده K با کم شدن شدت خطوط یون‌های فلزی، بیشتر خطوط اتم‌های خنثی را می‌بینیم. برای ستارگان M نوع دیگری از طیف مشاهده می‌شود. در این ستارگان بسیاری از گروههای متشکل از خط های نزدیک به هم را می‌توان دید که این نوع طیف‌ها ناشی از مولکول ها است. در جدول ۶-۱ خطوط طیفی هر کدام از اجزای رده طیفی نشان داده شده است.

رده	رنگ	دما (K)	خطوط طیفی
O	آبی - بنفش	۲۵۰۰۰ - ۵۰۰۰۰	هلیوم یونیده
B	آبی	۱۱۰۰۰ - ۲۵۰۰۰	هلیوم خنثی
A	سفید - آبی	۷۵۰۰ - ۱۱۰۰۰	هیدروژن
F	سفید	۶۰۰۰ - ۷۵۰۰	فلزات یونیده
G	سفید - زرد	۵۰۰۰ - ۶۰۰۰	فلزات یونیده
K	نارنجی	۳۵۰۰ - ۵۰۰۰	فلزات خنثی
M	قرمز	۳۰۰۰ - ۳۵۰۰	ملکول‌ها

جدول۶- ۱ : نمایش طیف رنگی و دمایی رده طیفی

دمای ستارگان

دانشمندان از طیفی که از نور یک ستاره به دست می آید، برای تعیین دمای سطح آن استفاده می‌کنند.

روش دیگر که دقت قابل قبولی دارد استفاده از رنگ ستارگان است. با توجه به رنگ ستارگان می‌توان دمای آنها را تا حدودی تخمین زد باید ببینیم رنگ ستاره با کدام رنگ از جدول ۶-۱مطابقت دارد تا بتوانیم دمای آن را تخمین بزنیم. البته این دقت برای کارهای محاسباتی دقیق کافی نیست. از این رو برای محاسبه نسبتاً دقیق دما از راههای محاسباتی استفاده می‌شود.

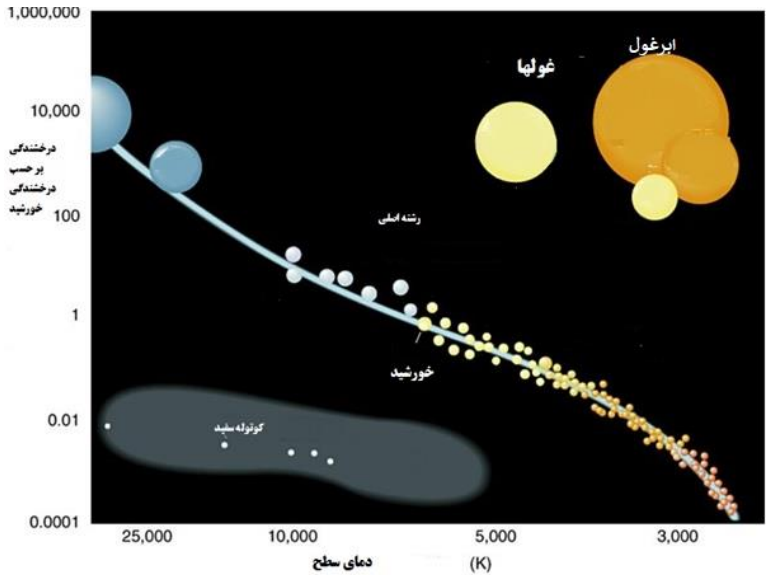
درخشندگی

میزان کل انرژی خارج شده از تمام سطح ستاره در واحد زمان را درخشندگی یا تابندگی می گویند و آن را با L نشان می دهند.

نمودار هرتسپرونگ- راسل (H-R)

دو ستاره شناس به نام‌های اینار هرتسپرونگ از دانمارک و هنری راسل از آمریکا به طور کاملا مستقل از یکدیگر بر روی ارتباط میان دمای سطح ستارگان و درخشندگی آنها تحقیقات مهمی انجام دادند و هر دو نیز به یک جواب مشترک رسیدند. آنها نتایج کار خود را بر روی یک نمودار نشان دادند و این نمودار به افتخار کار بسیار بزرگ آن دو به نمودار هرتسپرونگ – راسل یا H-R مشهور شده است. در نمودار H-R محور عمودی بر حسب درخشندگی و محور افقی بر حسب دمای سطحی (یا گونه‌ی طیفی) ستارگان درجه بندی شده است (شکل ۶-۱).

در این نمودار هر ستاره با یک نقطه نمایش داده شده است که مکان دقیق آن نقطه به درخشندگی و دمای سطح ستاره مورد نظر بستگی دارد. حدود ۹۰ درصد از ستارگان در رشته باریکی قرار می‌گیرند که از گوشه سمت چپ و بالای نمودار (که ناحیه بسیار گرم و درخشانی است) شروع شده و به گوشه راست و پایین نمودار (ناحیه سرد و کم درخشان) کشیده شده است.



نمودار۶- ۱: نمودار هرتسپرونگ- راسل (H-R)

این رشته را رشته اصلی (Main Sequence) می‌نامند و ستارگانی که روی این رشته قرار می‌گیرند (مانند خورشید خودمان) به ستارگان رشته اصلی موسوم اند که در مرکز آنها واکنش‌های هسته ای هیدروژن سوز درحال اتفاق افتادن است. ستارگانی که درخشندگی آنها زیاد است و قسمت راست و بالایی نمودار H-R را اشغال می کنند به غول سرخ موسوم اند، آنهایی که درخشندگی شان فوق العاده زیاد است در قسمت راست و کمی بالاتر از غول های سرخ قرار می گیرند و ابرغول‌های سرخ نامیده می‌شوند. در غول‌ها و ابر غول‌ها واکنش های هسته ای هیدروژن سوز به اتمام رسیده و واکنش های هسته‌ای هلیوم سوزی در حال اتفاق افتادن است. تعداد این ستارگان کمتر از ۱ درصد است. ستارگانی که درخشندگی آنها کم است کوتوله سفید نامیده می‌شوند و جایگاه آنها در نمودار H-R در قسمت پایین و سمت چپ می‌باشد. تعداد این ستارگان بین ۸ تا ۹ درصد است. در این ستارگان همه واکنش های هسته‌ای امکان پذیر به اتمام رسیده و این ستارگان در حال سرد شدن هستند.

۶-۲ انواع ستارگان

ستارگان رشته اصلی

یک ستاره به اندازه خورشید ما حدود ۵۰ میلیون سال طول می‌کشد تا از ابر اولیه بر روی رشته اصلی قرار بگیرد. خورشید ما تقریباً ۱۰ میلیارد سال بر روی رشته اصلی نمودار H-R باقی خواهد ماند. ستاره‌ها با همجوشی هسته‌ای هیدروژن به وجود می‌آیند و در اعماق فضای داخلی خود هلیوم تشکیل می‌دهند. خروج انرژی از مناطق مرکزی ستاره فشار لازم برای جلوگیری از فروپاشی ستاره تحت نیروی گرانش خود و انرژی تابش آن را فراهم می‌کند.

ستارگان رشته اصلی طیف گسترده ای از نورها و رنگ‌ها را در بر می‌گیرند و می‌توان آنها را با توجه به این مشخصات طبقه‌بندی کرد. کوچکترین ستاره ها ، که به کوتوله های قرمز معروف هستند در حدود ۱۰ درصد جرم خورشید جرم دارند. کوتوله‌های قرمز علیرغم اندازه کوچک خود، زیادترین ستاره های جهان هستند و ده‌ها میلیارد سال عمر دارند.

غول‌های سرخ

شکل۶-۱: تصویر غول سرخ

ستارگان بعد از اینکه در حالت تعادل (زمانی که روی رشته اصلی هستند) بیشترین قسمت عمر خود را سپری کردند، برای مدتی نسبتاً کوتاه (کوتاه در مقیاس نجومی) در حالت غول سرخ نورافشانی می‌کنند.

ستارگان در این مرحله از عمرشان سردتر و در عوض به طور قابل ملاحظه‌ای بزرگتر هستند و به این علت که سردتر هستند سرخ دیده می‌شوند و آنها را غول سرخ می‌نامند.

ستارگان بعد از اینکه مدتی در مرحله غول سرخ درخشیدند، وابسته به جرمی که دارند به مرحله آخر تحول خود می‌رسند که ممکن است به کوتوله سفید، ستاره نوترونی و یا سیاه‌چاله تبدیل شوند.

کوتوله سفید

شکل۶-۲: تصویر کوتوله سفید

ستارگان کم جرم، ممکن است به دو روش تبدیل به کوتوله سفید شوند، حالت اول در صورتی است که جرم ستاره مورد نظر تقریباً به اندازه خورشید یا کمی بیشتر باشد(در واقع جرمهای کمی کوچکتر یا مساوی ۱/۴ جرم خورشید) و حالت دیگر این است که جرم ستاره بسیار کمتر از جرم خورشید باشد.

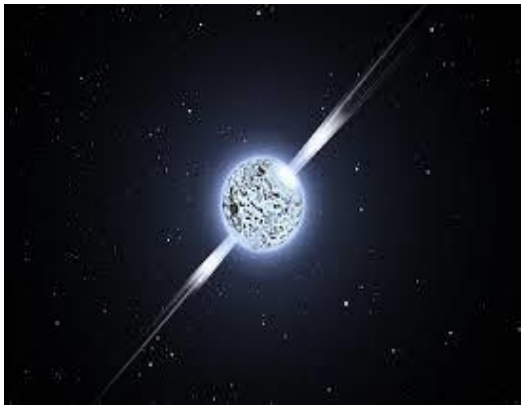
در حالت اول،یعنی وقتی که جرم تقریبا هم اندازه خورشید یا کمی بیشتر از آن باشد، بر اثر فعل و انفعالات درون ستاره لایه های خارجی ستاره به بیرون پرتاب می شود تا جایی که پوسته ستاره منبسط شده و خنک می‌شود ولی پوسته آنقدر از هسته دور شده که از هسته ستاره جدا می‌شود. پوسته حاصل در واقع همان سحابی سیاره نما است و هسته مرکزی به صورت کوتوله سفید در می آید. کوتوله های سفید بسیار گرم بوده ولی روشنایی کمی دارند.

حالت دوم، ستارگانی که جرم‌های بسیار کمتر از خورشید دارند، این ستارگان دماهای کمی دارند. این دسته از ستارگان بدون پرتاب پوسته خارجی به بیرون، منقبض می شوند تا به کوتوله سفید تبدیل شوند. انتظار می‌رود تعداد کوتوله‌های سفید کهکشان ما نسبتاً زیاد باشد اما به علت درخشندگی کم این اجرام، تعداد کمی از آنها کشف شده است.

توجه

اگر جرم ستاره مورد بررسی، بیش از ۱/۴ جرم خورشید باشد، نمی‌تواند به یک کوتوله سفید پایدار تبدیل شود. ستارگانی که چنین جرم‌هایی دارند باز هم منقبض می‌شوند و بسته به جرم خود تبدیل به ستاره نوترونی یا سیاهچاله می شوند.

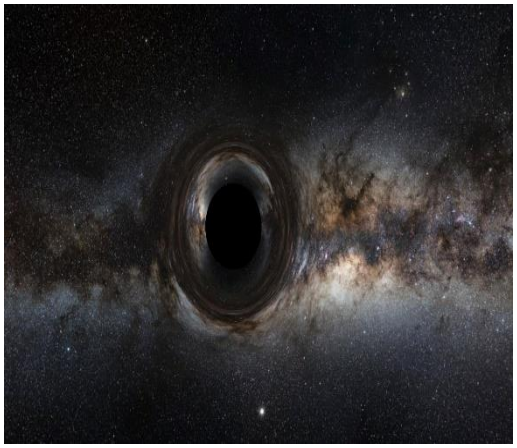
ستاره نوترونی



شکل۶-۳: تصویر شبیه سازی شده از بزرگترین ستاره نوترونی که در عالم وجود دارد.

برای ستارگان سنگین، اگر نیروی جاذبه گرانشی در هسته در حال رمبش آنها، چنان قوی باشد که حتی فشار درونی هسته نتواند با آن مقابله کند، الکترونها و پروتونها به هم می‌پیوندند و نوترون را تشکیل می‌دهند. اگر فشار نوترونها در برابر گرانش کافی باشد، ستاره منقبض می‌شود و زمانی که فشار نوترون ها برابر گرانش شود، فروریزش ستاره متوقف می‌شود. جسمی که در نهایت این اتفاقات باقی می‌ماند، کره ای کوچک، با قطری در حدود ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر از نوترون است که ستاره نوترونی نامیده می شود.

سیاهچاله



شکل ۶-۴: تصویر شبیه سازی شده از یک سیاهچاله

ستارگانی به ستاره نوترونی تبدیل می‌شوند که جرم هسته آنها کمتر از ۲/۳ جرم خورشید باشد اما اگر جرم هسته ستاره در حال مرگ از این حد بیشتر باشد، دیگر فشار ناشی از نوترونها نیز نمی‌تواند در مقابل گرانش مقاومت کند و ستاره به فروریزش ادامه می‌دهد تا زمانی که شعاع ستاره از شعاع خاصی که به «شعاع شوارتزشیلد» معروف است نیز کوچک تر می‌شود و ستاره در یک نقطه فرو می‌ریزد. گرانش چنین جسمی آنقدر قوی است که هیچ چیزی حتی نور هم نمی‌تواند از آن بگریزد. به این اجسام سیاهچاله می‌گویند، بنابراین، خود سیاهچاله دیده نمی‌شود.

توجه

سیاه‌چاله‌ها دارای اثر گرانشی بسیار قوی هستند، در نتیجه گاز یا هر ماده ای را که در نزدیکی آنها باشد خواهند بلعید.

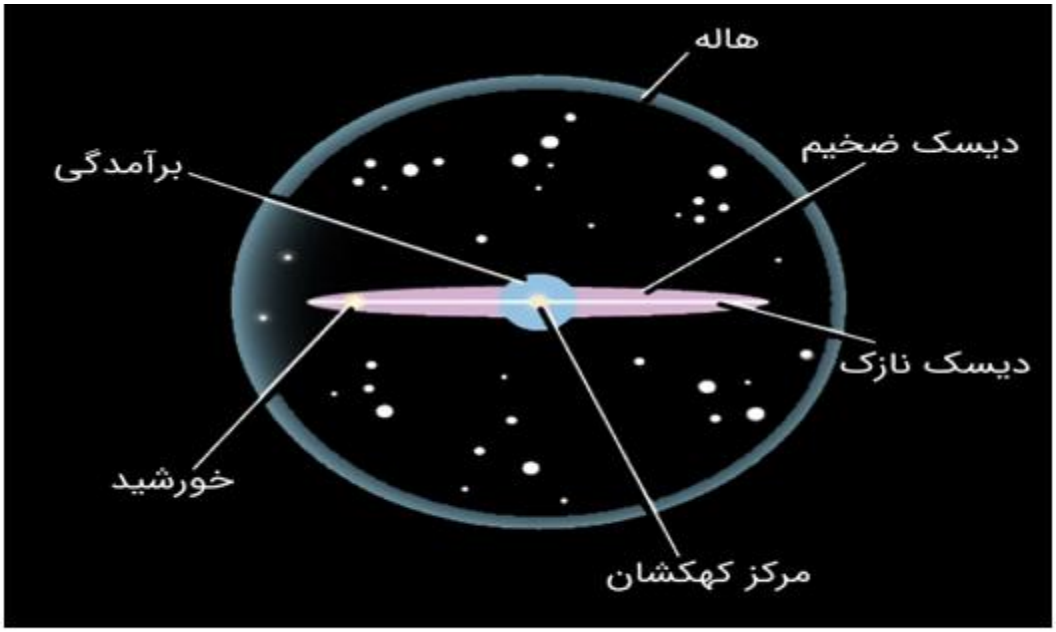
فصل هفتم

کهکشان‌ها

۷-۱ ساختار کهکشان

در شب‌هایی که آسمان صاف و کاملاً تاریک است، نواری ابر مانند از تعداد بسیار زیادی ستاره‌های کوچک نزدیک به هم در آسمان دیده می‌شود که کهکشان نامیده می‌شود. کهکشان‌ها ساختارهایی بزرگ، با اندازه و مرز مشخصی هستند که از ستاره‌ها، بقایای ستاره‌ای، ماده تاریک، گازها و گرد و غبارهای میان ستاره‌ای تشکیل شده‌اند و با نیروهای گرانشی گردِ هم آمده‌اند.

کوچک‌ترین کهکشان‌ها پهنایی از مرتبه چند صد سال نوری و در حدود صد میلیون ستاره دارند. بزرگ‌ترین کهکشان‌ها تا ۳ میلیون سال نوری پهنا دارند و شامل بیش از صد تریلیون ستاره هستند. اجزای کهکشان حول مرکز جرم کهکشان در حال چرخش می‌باشند.



شکل ۷-۱: نمایشی شماتیک از یک کهکشان دیسک گون

دیسک کهکشان

دیسک کهکشانی صفحه‌ای است که مارپیچ ها، میله‌ها و دیسک نازک و ضخیم کهکشان در آن جای گرفته‌اند. دیسک کهکشانی، از گاز ، غبار و همچنین ستاره های جوان (در مقایسه با ستاره هایی که نزدیک به برآمدگی کهکشان و یا در هاله کهکشان قرار دارند) تشکیل شده‌اند. بخش گرد و غباری قرص کهکشان را دیسک گازی و بخش دارای ستاره آن را دیسک ستاره‌ای می‌گویند.

هاله کهکشان

هاله کهکشان از لحاظ هندسی دایره‌ای دور کهکشان است. هاله با مواد خارج شده از ستاره‌های در حالِ تولد یا مرگ، در اطراف هر کهکشان ایجاد می‌شود.

مرکز کهکشان

گرانش زیاد کهکشان‌های بزرگ، باعث افزایش شدید تراکم ماده در هسته یا مرکز کهکشان می‌شود اما در کهکشان‌های کوچک به دلیل نبود گرانش کافی این اتفاق نمی‌افتد. در مرکز برخی از کهکشان‌ها از جمله کهکشان راه شیری و کهکشان زن بر زنجیر (آندرومدا) یک سیاه‌چاله بسیار پر جرم وجود دارد که باعث گردش همه اجزای کهکشان به دور خود می‌شود.

نتایج تحقیقات بیانگر این موضوع است که سیاهچاله‌های ابرغول ممکن است در میانه بیشتر(نه همه) کهکشان‌ها وجود داشته باشند، این سیاهچاله‌های بزرگ و پر رمز و راز یکی از دلایل بنیادین و آغازین واکنش‌های فعال در هسته برخی کهکشان‌ها هستند. ستاره‌شناسان بر این باورند که دست کم یک سیاهچاله در مرکز کهکشان راه شیری وجود دارد.

۲-۷ انواع کهکشان

رایج ترین دسته‌بندی موجود برای کهکشان‌ها توسط ادوین هابل صورت گرفت و سپس توسط ستاره شناسی به نام جرارد واکولورس بازبینی شده است. این دسته بندی از سه گروه اصلی تشکیل شده و با توجه به ویژگی‌های جزئی کهکشان‌ها مانند وسعت مارپیچ‌ها، اندازه، طول میله‌ها (منظور از میله های کهکشانی، ساختارهای میله‌ای شکلی از تجمع ستاره‌ها هستند که در بخش مرکزی یا هسته کهکشان‌های مارپیچی قرار دارند) و اندازه منحنی‌های ستاره ای در کهکشان ها به زیر مجموعه های کوچکتر تقسیم می‌شوند.

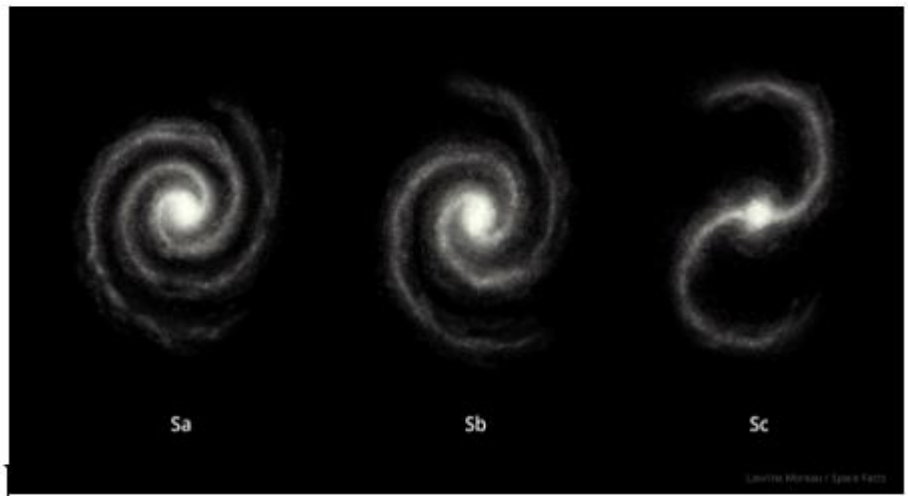
کهکشان های مارپیچی

کهکشان‌های مارپیچی یکی از ۳ نوع اصلی انواع کهکشان هستند. کهکشان مارپیچی دارای تعدادی بازوی بلند است که به صورت مارپیچ در اطراف مرکز قرار دارند. جوان‌ترین و کم عمرترین ستاره‌های کهکشان‌های مارپیچی در بازو های کم چگالی، یافت می‌شوند و ستاره‌های قدیمی و پیر بیشتر در مرکز کهکشان یعنی هسته‌ی فشرده‌ی آن قرار گرفته‌اند. قدیمی‌ترین ستاره‌ها، در هاله‌ی کروی و اطراف قرص کهکشانی پراکنده شده‌اند. این بازو های مارپیچ همچنین دارای غبار ، گاز و سحابی فراوان‌اند که محیط‌های مناسبی برای تولد ستارگان می‌باشند.

شکل ۷-۲: کهکشان مارپیچی NGC۱۲۳۲

اخترشناسی به نام هابل، کهکشان های مارپیچی را به هشت زیر رده مختلف تقسیم کرده است. در زیر رده نخست، کهکشانهای So قرار دارند. این کهکشانها، شامل مؤلفه‌های مسطح و بیضی‌وار و فاقد بازوهای مارپیچی هستند. ساختار بیرونی برخی از آنها به طور نامعلوم و نامشخص ، مارپیچی به نظر می‌رسند. در کهکشان‌های So ، غالبا غبار نیز وجود دارد.

سه زیر رده بعدی بر مبنای چگونگی پیچ خوردگی بازوها تعریف می‌شوند. همان گونه که در تصویر ۷-۳ مشاهده می‌کنید، در یک کهکشان Sa ، بازوها کاملا به دور هسته پیچ خورده‌اند، در کهکشانهای Sb، شدت پیچ خوردگی کمتر است، درحالی که در کهکشانهای Sc ، بازوها بسیار آزاد و گسترده‌اند . کهکشان‌های Sa ناحیه هسته‌ای (مولفه بیضی وار) بسیار نورانی و بازوهای نورانی هموار دارند. در کهکشان‌های Sb ، ناحیه بیضیوار مرکزی کوچکتر و کم نورتر است و بازوها تکه‌تکه به نظر می‌رسند. کهکشان‌های Sc هسته بسیار کوچک دارند و تکه‌تکه بودن بازوهایشان بیشتر است.



شکل ۷-۳: طبقه هابل برای کهکشانهای مارپیچی

نوع دیگری از کهکشان‌های مارپیچی، کهکشان های مارپیچی–میله ای است که مشخصه اصلی آنها، میله‌ای شکل بودن نواحی مرکزی آنهاست. هسته این کهکشانها به کهکشان بیضی وار شبیه نیست ، بلکه ساختاری دراز و نسبتا باریک دارد. هسته در مرکز این میله نورانی جای گرفته است. معمولا بازوها نه از مرکز کهکشان، بلکه از دو سر این میله سرچشمه می گیرند. در این کهکشان ها با چرخش هسته در هر سوی هسته، یک بازو نیز می‌چرخد. بعضی از ستاره شناسان بر این باورند که کهکشان راه شیری نیز یک کهکشان مارپیچی– میله ای است. نحوه شکل گیری میله این کهکشانها هنوز معمای بزرگی است و هنوز نمی‌دانیم که آنها چگونه به وجود آمده اند و یا چگونه شکل گرفته‌اند. امروزه پژوهش های زیادی برای حل این معما انجام می‌گیرد.

شکل ۷-۴: کهکشان مارپیچی میله‌ای NGC۱۳۰۰

کهکشان راه شیری

کهکشان راه شیری، شب‌ها در آسمانی کاملاً تاریک(به دور از نور ماه و آلودگی نوری) به صورت نوار سفید کم‌رنگی در آسمان دیده می‌شود. راه شیری کهکشان مارپیچی میله‌ای است. شکل کلی کهکشان‌های مارپیچی را می‌توان به یک دیسک یا قرص تشبیه کرد.

بخش اصلی اجزای تشکیل دهنده کهکشان(ستاره‌ها، گاز و غبار) در قالب بازوهای مارپیچی در سطح تخت این دیسک قرار دارند. ستارگان کمتری نیز به صورت هاله‌ای اطراف دیسک را در بر گرفته‌اند. این ساختار مارپیچی تنها در صورتی قابل مشاهده است که بیننده‌ای در خارج کهکشان از روبه‌رو به آن نگاه کند.

ما به عنوان بیننده‌ای که از داخل صفحه ی کهکشان به آن می‌نگریم، اجزای واقع در صفحه ی کهکشان را به صورت نوار دایره‌ای شکل متراکمی از ستارگان، دورتا دور خود می‌بینیم. این همان راه شیری است که شب‌ها در آسمان می‌بینیم. اجزای واقع در هاله‌ی کهکشان را نیز که تراکم کمتری دارند، به صورت ستارگانی مجزا در سایر قسمت‌های آسمان مشاهده می‌کنیم. به این ترتیب، علاوه بر نوار شیری رنگ مورد اشاره، تمام ستارگان دیگری نیز که با چشم غیرمسلح در آسمان می‌بینیم، متعلق به کهکشان راه شیری هستند و این نوار نورانی تنها نشانگر آن دسته از ستارگان راه شیری است که در راستای صفحه کهکشان قرار گرفته‌اند.

بخش‌هایی از کهکشان که تاریک به نظر می‌رسند، به علت وجود گاز و غبار میان ستاره‌ای است که مانع از رسیدن نور ستارگان زمینه به چشم ما می‌شود.

شکل ۷-۵: کهکشان راه شیری

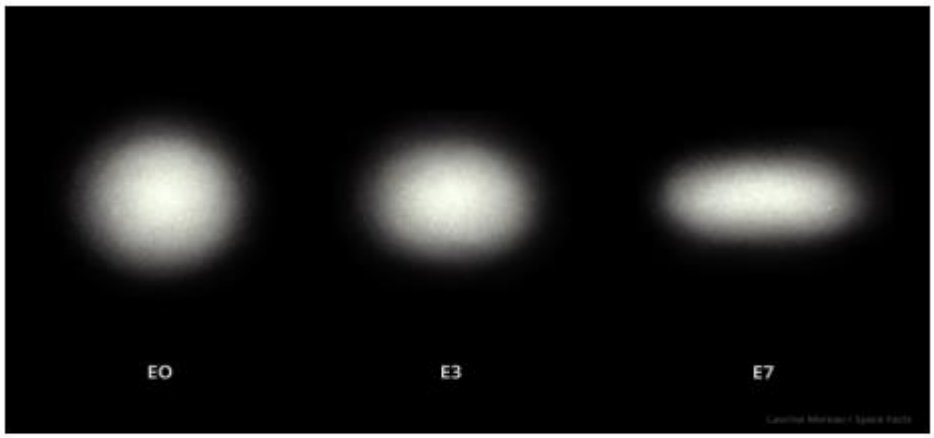
کهکشان آندرومدا (زن بر زنجیر)

آندرومدا که نزدیک‌ترین کهکشان به ما می‌باشد، یک کهکشان مارپیچی است این کهکشان مانند بسیاری دیگر از کهکشان‌های مارپیچ، دارای دیسک بیضی شکل است.

۷-۶: کهکشان آندرومدا

کهکشان‌های بیضوی

کهکشان‌های بیضوی تقریبا به شکل یک تخم مرغ هستند و به طور گسترده در خوشه های کهکشانی و گروه های متراکم و کوچکتر یافت می‌شوند. بیشتر کهکشان‌های بیضوی دارای ستاره‌های پیر و با چگالی کم می‌باشند و به دلیل کمبود گازهای مورد نیاز برای تشکیل ستاره‌ها و ابرهای غباری، ستاره زایی در آنها کمتر اتفاق می‌افتد.



شکل ۷-۷: انواع کهکشان های بیضوی

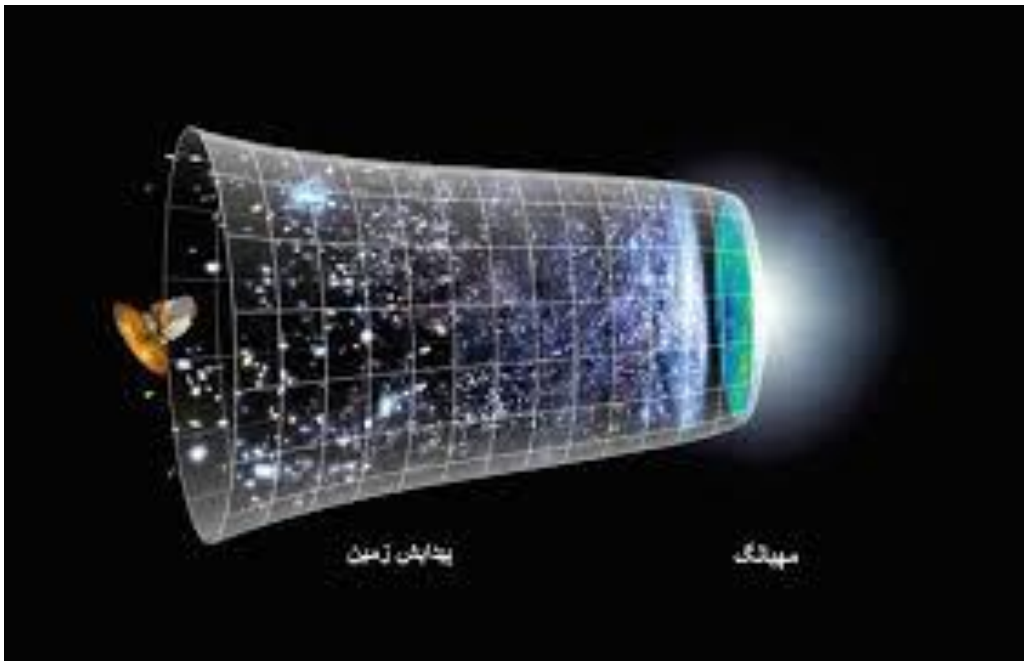
کهکشان های بیضوی، دست کم دارای صد میلیون تا صد تریلیون ستاره‌اند و قطر این کهکشان‌ها می‌تواند از صد سال تا چند هزار سال نوری باشد. امروزه ستاره شناسان بر این باورند که هر کهکشان بیضوی، یک سیاهچاله بسیار متراکم در مرکز خود دارد که با تراکم خود کهکشان نیز بی ارتباط نیست.
شکل‌های مختلف این نوع کهکشان را میتوان در شکل ۷–۷ مشاهده کرد.

کهکشان‌های نامنظم

همانطور که از اسم این کهکشان‌ها بر می‌آید، این کهکشان‌ها به لحاظ شکل ظاهری نامنظم هستند. کهکشان‌های نامنظم دارای یک ترکیب ستاره‌ای جوان، گاز و غباراند که بسیار شبیه کهکشان مارپیچی است، بیشترین نور آنها از ستاره‌های جوان و درخشان و ابرهای نورانی گسیل می‌شود. کهکشان‌های نانظم همانند کهکشان‌های مارپیچی می‌چرخند، ولی بازو در آنها شکل نمی‌گیرد. شکل ظاهری یک کهکشان نامنظم را می‌توان در تصویر ۷–۸ دید.

شکل ۷–۸: NGC۱٤۲۷ یک مثال از کهکشان نامنظم در فاصله ۵۲ میلیون سال نوری از خورشید

فصل هشتم



مهبانگ

۸-۱ واژه شناسی مهبانگ

واژه «مِهبانگ» ترجمه پارسی واژه Big Bang از زبان انگلیسی است. در زبان پارسی یکی از معانی مِه «بزرگ» است و بانگ به معنی خروش است.

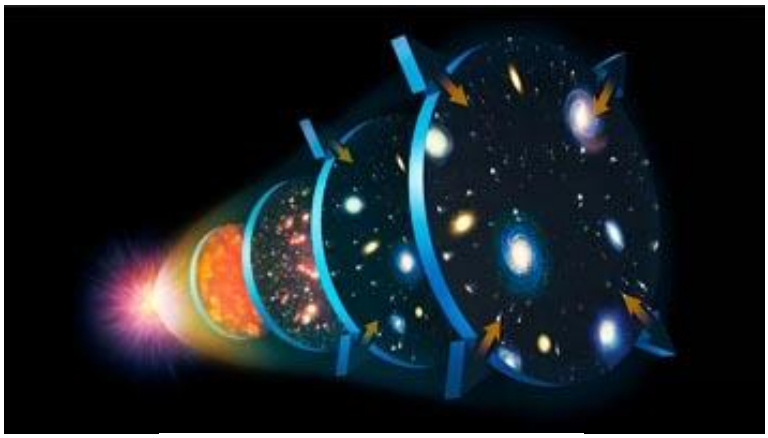
۸-۲ تاریخچه و نظریه مهبانگ

ایده و تئوری مهبانگ (انفجار بزرگ) با نگرش بر ساختار کیهان ایجاد شد. در سال ۱۹۱۲ میلادی (۱۲۹۱ ه. ش) توسط وستو اسلیفر این تحقیق آغاز شد.

در اواخر دهه ۱۹۲۰، ادوین هابل (۱۹۵۳–۱۸۸۹)، ستاره‌شناس آمریکایی با بررسی نور دریافتی از ستارگان کهکشان‌های دور دست، متوجه شد کهکشان‌ها با سرعت زیادی در حال دور شدن از یکدیگر هستند.

هر چه ما بیشتر به عمق کیهان نظاره می‌کنیم در واقع بیشتر به عمق زمان گذشته می‌نگریم. یک ستاره را که در فاصله ۱۰سال نوری قرار دارد به همان صورتی می‌بینیم که ۱۰ سال نوری قبل بوده است.

جهان پهناور ما همچون بادکنکی که در حال باد شدن است مدام در حال بزرگ شدن است و هر روز بر پهنای آن افزوده می‌شود. بر طبق قانون هابل کهکشان‌های دوردست با سرعتی به تناسب فاصله‌شان از ما دور می‌شوند، بنابراین کیهان به طور یکنواخت در حال انبساط است. البته بایستی بدانید که کهکشان‌ها خود در حال انبساط و بزرگ شدن نیستند بلکه این فضا- زمان است که منبسط می‌شود و کهکشان‌ها را با خود می‌برد.



شکل ۸-۱: نگاره ی هنری از نظریه مهبانگ

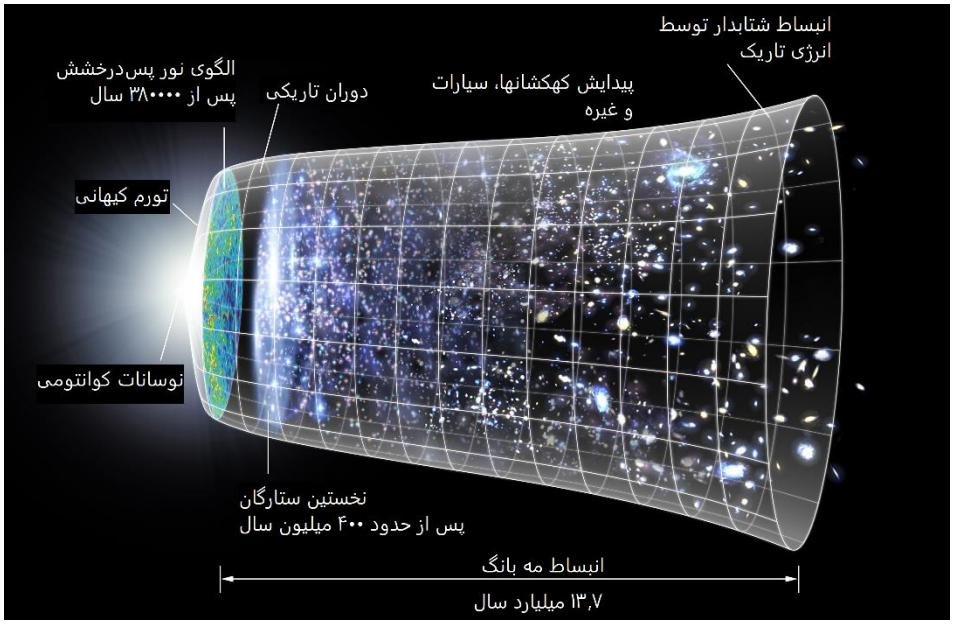
مِهبانگ یا انفجار بزرگ یک نظریه علمی است، و لحظه آغازین هستی را گویند که کل هستی (شامل زمان و هر سه بعد مکان) از آن هنگام، بر طبق این نظریه، شروع شده‌است.

بر پایه این قانون اگر کیهان باز باشد، انبساط تا بی نهایت ادامه دارد و اگر بسته باشد انبساط متوقف شده و کیهان شروع به رمبش (انقباض) می‌کند. چون گرانش از سرعت انبساط عالم می‌کاهد ممکن است که روزی پیروز شود و موجب توقف گسترش کیهان و در نتیجه فروریختن کیهان در خود شود. برای درک بهتر ادعا مثالی می‌آوریم. سرعت گریز از زمین ۱۱/۴ کیلومتر بر ثانیه‌است. حال اگر موشکی با سرعت کمتر بخواهد از جو زمین خارج شود گرانش زمین این اجازه را به او نمی‌دهد و موشک به سوی زمین باز می‌گردد.

هابل کشف قانون معروف خود را که حاصل بررسی طیف‌های تعداد زیادی کهکشان بود منتشر کرد. بنابر قانون هابل برای ناظری که از یک نقطه معین نگاه می کند، سرعت ظاهری دور شدن کهکشان های دوردست با فاصله آنها متناسب است.

نظریه مهبانگ بیان می‌کند که عالم در حال انبساط است. براساس این مدل، ماده و انرژی حدود ۱۵میلیارد سال پیش به صورت یک آتش‌گوی آغازین ، از ماده و تابش در دما و چگالی بسیار زیاد پدید آمد. چند ثانیه پس از آغاز، دما به ۱۰ میلیارد درجه کاهش یافت و واکنش‌های هسته‌ای شروع به ساختن اتم‌هایی کردند که همه از آنها تشکیل شده‌ایم. پس از حدود سیصد هزار سال، دما به چند هزار درجه کاهش یافته بود و تابشی را که امروز به صورت زمینه میکرو

موجی کیهانی می‌بینیم آزاد کرد. با انبساط بیشتر این انفجار، فضا و زمان گسترش یافت، عالم سرد و رقیق شد. با چگالش ابر گاز و تابش در حال انبساط ، کهکشان پدید آمدند. عالم امروزی ما حاوی دود و خاکسترهای به جا مانده از مهبانگ است.



شکل ۸-۲: نگاره ی هنری از انبساط فضا

نظریه مهبانگی بیشتر چیزهایی که در مورد عالم می دانیم را توضیح می دهد و با مهم ترین رصدهای کیهان شناختی سازگار است. در آغاز انفجاری بود. نه انفجاری مثل آنچه روی زمین می‌شناسیم که از مرکز معینی شروع می‌شود و گسترش می‌یابد تا هرچه بیشتر محیط مجاور خود را فراگیرد، بلکه انفجاری که به طور همزمان در همه جا روی داد و از همان آغاز سراسر فضا را چنان انباشت که هر ذره ماده از هر ذره دیگر با شتاب می‌گریخت.

۸-۳ روند تشکیل عناصر

نوع و میزان فراوانی عنصرها در سیاره‌ها و وجود عناصر مشترک و متفاوت سیاره‌ها، نشان می‌دهد که عنصاصر به صورت ناهمگون در جهان هستی توزیع شده‌اند. این یافته‌ها باعث شد که دانشمندان چگونگی پیدایش عنصاصر را توضیح دهند و برخی بر این باورند که سرآغاز کیهان با انفجاری مهیب (مهبانگ) همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است.

درون ستاره ها همانند خورشید در دماهای بالا، واکنش های هسته‌ای رخ می‌دهد. هر چه دمای ستاره بیشتر باشد، شرایط تشکیل عنصاصر سنگین فراهم می‌شود. چنین ستارگانی پس از چندین میلیون سال نوردهی و گرمابخشی، پایداری خود را از دست داده ، در انفجاری مهیب متلاشی شده‌اند و اتم‌های سنگین در سراسر جهان پراکنده شده است. پس ستاره ها کارخانه‌ی تولید عنصاصر می‌باشد.

دما و اندازه هر ستاره تعیین می کند که چه عناصری باید در آن ستاره ساخته شود.

تشریح روند تشکیل عناصر

پس از انفجار مهیب ذره‌های زیر اتمی (الکترون، پروتون و نوترون) پدید آمدند. سپس عناصر هیدروژن و هلیم پا به عرصه جهان گذاشتند. با گذشت زمان و کاهش دما، گازهای هیدروژن و هلیم تولید شده متراکم شدند و مجموعه‌های گازی به نام سحابی را ایجاد کردند.

بعدها این سحابی ها باعث پیدایش ستاره‌ها و کهکشان‌ها شدند. ستاره‌ها متولد می‌شوند، رشد می‌کنند و می‌میرند. مرگ ستاره ها با یک انفجار بزرگ همراه است که سبب می شود عناصر تشکیل شده در آن در فضا پراکنده شوند.

درون ستاره‌ها مانند خورشید در دمای بسیار بالا و ویژه، واکنشهای هسته‌ای رخ می‌دهد که انرژی بسیار زیادی بر اثر آنها آزاد می‌شود. در نتیجه این واکنش‌ها عناصر سنگین‌تر از عناصر سبک‌تر تشکیل می‌شوند.

سحابی به ابر عظیمی از غبار، گاز و پلاسما در فضاهای میان ستاره‌ای گفته می شود. سحابی‌ها محل پیدایش و زادگاه ستاره ها هستند.

فصل ۹

آشنایی با صورتهای فلکی

آشنایی با صورت های فلکی

صورت فلکی یا پیکر آسمانی، تعدادی از ستاره‌هاست که از نظر زمینی‌ها به شکل‌های خاصی دیده می‌شوند، که به نام‌های انسان، حیوانات و اشیاء نام‌گذاری می شوند. در واقعیت سه بعدی، ستاره‌های یک پیکر آسمانی لزوما به هم نزدیک نیستند و پیوندی به هم ندارند. قرار دادن آن‌ها در یک مجموعه تنها به خاطر نزدیکی ظاهری از دیدگاه ما انسان هاست.

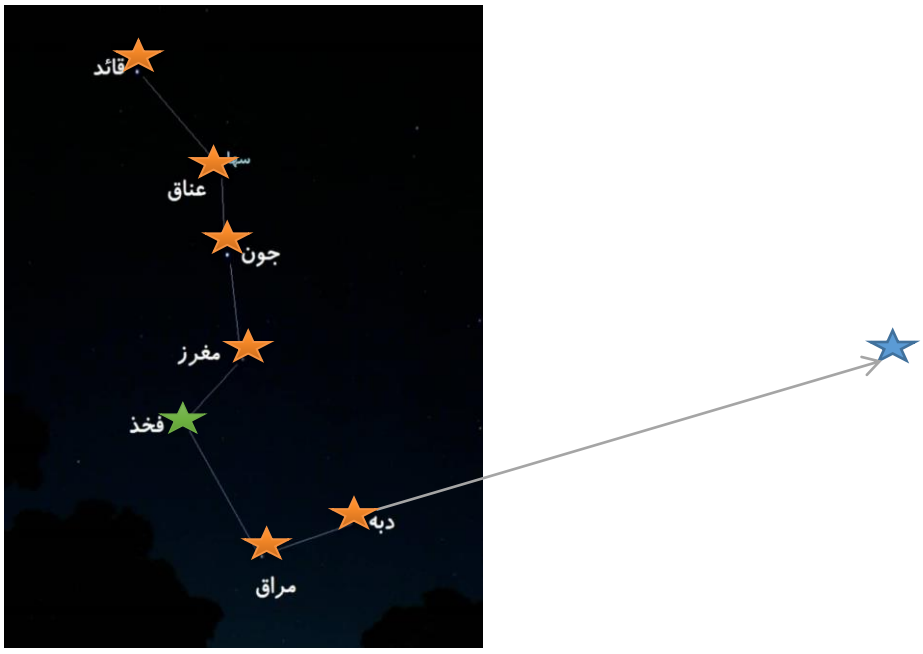
امروزه ۸۸ صورت فلکی نامگذاری شده است که بیشتر آنها در نیمکره شمالی آسمان می‌باشد. با مطالعه این فصل با صورت‌های فلکی دب اکبر، دب اصغر، ذات الکرسی، قیفاووس، اژدها، جبار، دجاجه و عقرب آشنا خواهید شد.

دب اکبر[1](خرس بزرگ)

از بین ۸۸ صورت فلکی آسمان، بدون شک دب اکبر معروفترین آن است. آیا میدانید چرا؟

حتی مردمی هم که ارتباطی با نجوم و آسمان شب ندارند، نام آن را شنیده اند. دب اکبر یا هفت اورنگ، از بزرگترین صورت‌های فلکی آسمان است که در نیمکره شمالی قرار دارد. بیشترین علت شهرت آن راهنما بودن برای یافتن ستاره قطبی و جهت شمال است.

هفت ستاره پرنور، نقش دب اکبر (آب گردان یا ملاقه) را پدید آورده اند(شکل ۹-۱). چهار ستاره‌ای که کاسه را تشکیل می‌دهند به نام های دبه، مراق، فخذ و مغرز معروفند که همگی اسامی عربی‌اند. ستاره هایی که دسته ملاقه را تشکیل می‌دهند به نام های قائد، عناق و جون موسوم‌اند. در نزدیکی عناق ستاره کوچک سها قرار دارد. در گذشته از ستاره سها برای آزمون دید خوب استفاده می‌کردند. البته این هفت ستاره بخشی از بدن خرس بزرگ را تشکیل می دهند.



شکل۹-۱: صورت فلکی دب اکبر

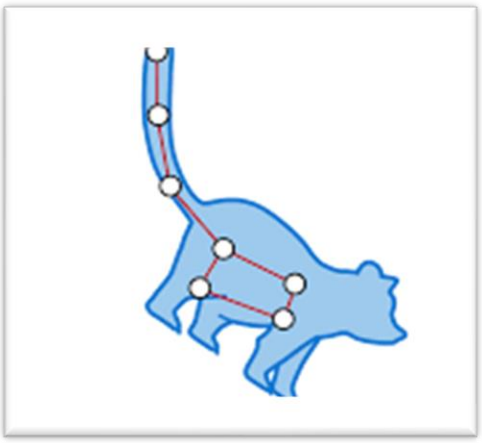
توجه:

برای یافتن ستاره قطبی(ستاره شمال) کافی است فاصله دبه و مراق که دو ستاره اول ملاقه می باشند را به اندازه ۵ برابر فاصله این دو ادامه دهیم تا به ستاره قطبی برسیم.حال اگر رو به ستاره قطبی بایستیم دقیقا رو به شمال هستیم،پس پشت سر ما جهت جنوب را نشان خواهد داد و سمت راست جهت شرق و سمت چپ جهت غرب را نشان خواهد داد.

برای مشاهده این صورت فلکی ابتدا باید بدانیم در چه فصلی از سال هستیم. اگر در فصل بهار باشیم، در همان اوایل شب رو به شمال قرار می‌گیریم و به قسمت شمال شرق آسمان خیره می‌شویم. ولی در فصل پاییز و زمستان باید بعد از نیمه شب در جستجوی دب اکبر باشیم.

[1] Ursa Major-

دب اصغر[۲](خرس کوچک)



شکل۹-۲: صورت فلکی دب اصغر

خرس کوچک یا دب اصغر صورت فلکی کوچکی در آسمان شمالی می باشد. ستاره قطبی در این صورت فلکی قرار دارد که همیشه سمت شمال را نشان می دهد. خرس کوچک در جنوب صورت فلکی های قیفاووس و اژدها قرار دارد.درخشان ترین ستاره این صورت فلکی ستاره قطبی یا جدی می باشد. فاصله نزدیکترین ستاره این صورت فلکی تا زمین ۴۲ سال نوری است. ستاره قطبی تنها ستاره ای است که همیشه در آسمان ثابت دیده می شود. فکر می‌کنید چرا ستاره قطبی در آسمان همیشه ثابت است؟

دب اصغر تنها صورت فلکی است که در ایران هیچ وقت غروب نمی‌کند و به اصطلاح پیراقطبی (دور قطبی) نامیده می‌شود.

ذات الکرسی[۳]

شکل۹-۳: صورت فلکی ذات الکرسی

ذات الکرسی از صورت‌های فلکی است که در نیمکره شمالی دیده می شود. پیکر M یا W شکل این صورت فلکی به آسانی قابل مشاهده است(شکل۹-۳).

برای مشاهده این صورت فلکی در فصل پاییز و زمستان به زیر آسمان بروید و به سمت شمال و شمال شرق بنگرید.

۵ ستاره را خواهید دید که در آسمان خودنمایی می‌کنند. اگر این ۵ ستاره را به هم وصل کنید به شکل M یا W دیده می‌شود. دلیل شهرت صورت فلکی ذات الکرسی در جهت یابی است. کافی است نیمساز زاویه راس مثلث بزرگتر را رسم کنید و به اندازه ۵ برابر فاصله قاعده همین مثلث به جلو بروید تا به ستاره قطبی برسید. صورت فلکی ذات الکرسی در سمت مخالف دب اکبر قرار دارد، به همین دلیل در فصل پاییز که صورت فلکی دب اکبر غروب کرده بهتر است از ذات الکرسی در جهت یابی استفاده شود.

صورت فلکی ذات الکرسی در سمت مخالف دب اکبر قرار دارد، به همین دلیل در فصل پاییز که صورت فلکی دب اکبر غروب کرده بهتر است از ذات الکرسی در جهت یابی استفاده شود.

[۲] Ursa Minor-
[۳] Cassiopeia-

قیفاووس[۴]

صورت فلکی قیفاووس یکی از صورت های فلکی نیمکره شمالی است. نام آن از افسانه پادشاه اتیوپی قیفاووس گرفته شده است. طبق افسانه ها همسر ذات الکرسی و پدر آندرومداست. این صورت فلکی توسط بطلمیوس در قرن دوم میلادی فهرست شده است و خانه چند ستاره معروف و چند جرم شناخته شده مثل سحابی جادوگر، سحابی زنبق و کهکشان آتش بازی است.

صورت فلکی قیفاووس بین صورت فلکی ذات الکرسی و دب اصغر قرار دارد. ۵ ستاره پرنور آن شکلی شبیه کلبه ای کوچک را نمایش می‌دهند(شکل ۹-۴).

شکل ۹-۴: صورت فلکی قیقاووس

اژدها[۵](تنین)

این صورت فلکی نسبتا طویل و پرپیچ و خم است و در نیمکره شمالی آسمان واقع شده است. قسمتی از آن بین دب اکبر و دب اصغر قرار دارد و بقیه به دور دب اصغر می پیچد و به صورت مجموعه‌ای از چهار ستاره منتهی می‌شود. این چهار ستاره سر اژدها را مشخص می کنند(شکل۹-۵).

پنج هزار سال پیش ستاره ذیخ که در این صورت فلکی قرار دارد، ستاره قطبی بود. زیرا محور زمین از نزدیکی آن عبور می‌کرد. در آن زمان ذیخ، تنها ستاره ثابت آسمان بود و ستارگان دیگر همگی دوایری را به دور آن می‌پیمودند. ذیخ مورد احترام مصریان باستان بود. در حال حاضر قطب شمال آسمان در نزدیکی ستاره قطبی است.

شکل۹-۵: صورت فلکی اژدها

صورت فلکی جبار[۶](شکارچی)

جبار یا شکارچی یک صورت فلکی است که نیمی از آن در نیمکره جنوبی و نیمی دیگر در نیمکره شمالی آسمان قرار دارد. به درستی که زیباترین و چشمگیرترین صورت فلکی زمستان، جبار با ستاره های برجسته اش می‌باشد. هیچ یک از صورت های فلکی دیگر تا این حد شباهت به نامشان ندارند(شکل ۹-۶).

[۴] Cepheus-
[۵] Drago -
[۶] Orion-

دو ستاره پر فرغ در بالا شانه‌های جبار را می‌سازند. دو ستاره در پایین، پای جبار را می‌سازند، کمربند جبار شامل سه ستاره در میانه بدن است و درست در پایین کمربند سه ستاره که نشان دهنده خنجر جبارند به چشم می‌خورند.

جبار در حدود ۹۰ درجه از ستاره قطبی فاصله دارد. این صورت فلکی را به سهولت می‌توان پیدا کرد. باید رو به جنوب بایستید و به بالا، نیمه راه میان افق و سرسو[۷] بنگرید. توده‌ای بسیار جالب در کمربند جبار قرار دارد که با چشم غیرمسلح قابل دیدن است و به آن سحابی بزرگ جبار گویند جرم این توده ابری شکل در حدود ۱۰۰۰ برابر جرم خورشید برآورد شده است.

شکل۹-۶: صورت فلکی جبار

[۷] -سرسو یعنی اجرامی که دقیقا بالای سر ما قرار دارند.

فصل دهم

ابزارهای اندازه‌گیری

آشنایی با ابزارهای اندازه گیری و رصدی در نجوم

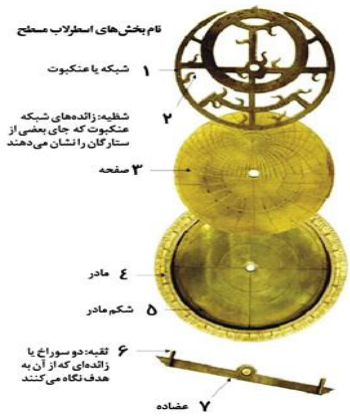
علم نجوم هم مانند همه علوم ابزارهایی دارد که در پیشرفت آن نقش اساسی داشته است. در این فصل با ابزارهای ابتدایی که از قرنها پیش برای پیش برد علم نجوم استفاده شده است بصورت اجمالی آشنا می‌شوید.

۱۰-۱ اسطرلاب

اسطُرلاب از ابزارهای قدیم در نجوم رصدی بوده و اکنون بیشتر برای کاربردهای آموزشی بکار می‌رود.

اسطرلاب رایج و معمولی دستگاه و صفحه مدوّر فلزی است که از جنس برنز یا برنج و یا از آهن و فولاد و یا تخته، به طرز بسیار دقیق و ظریف و مستحکمی ساخته شده و برای مطالعات و محاسبات کارهای نجومی از قبیل پیدا کردن ارتفاع و زاویه آفتاب، محل ستارگان، منطقه البروج و به دست آوردن طول و عرض جغرافیایی محل در تمام مدت شبانه روز و فصول مختلف سال بکار برده می‌شود. همچنین برای بدست آوردن ارتفاع کوهها و پهنای رودخانه‌ها و سایر عوارض طبیعی زمین و تعیین ساعات طلوع و غروب یکایک ستارگان ثابت و سیاراتی که نام آنها بر شبکه اسطرلاب نقش بسته نیز مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین این دستگاه برای محاسبه ساعات طلوع و غروب آفتاب هر محل(به ویژه در دوره اسلام که تعیین ساعات نماز هم برآن اضافه شد) ساخته شده است. در هنگام استفاده از این دستگاه هیچ احتیاجی به دانستن و به کار بردن فرمولهای ریاضی نیست (مانند خط کش محاسبه ای که به وسیله مهندسین به کار برده می‌شود). در کل از این ابزار برای سنجش ارتفاع، سمت، بعد و میل خورشید و ستارگان، تعیین وقت در ساعات روز و شب، قبله و زمان طلوع و غروب آفتاب استفاده می‌شود.

اسطرلاب انواع بسیار گوناگون و مختلفی داشته مانند : توماری، هلالی، زورقی، قوسی، رصدی، کروی، مسطح خطی، کروی، مسطح دایروی و شمالی جنوبی



شکل ۱۰-۱: اجزای یک اسطرلاب

شکل ۱۰-۲: اسطرلاب مسطح ایرانی متعلق به سده نهم میلادی
این اسطرلاب در موزه تاریخ علم کمبریج نگهداری می‌شود

چگونه یک اسطرلاب ساده بسازیم

وسیله‌ای که روش ساخت آن آموزش داده می‌شود، فقط زاویه ارتفاع را اندازه‌گیری می‌نماید.

وسایل مورد نیاز :

کاغذ مقوایی به ابعاد ۱۲ × ۱۲ سانتیمتر ، نی نوشابه به اندازه ۱۲ سانتیمتر، نخ ضخیم به طول ۲۰ سانتیمتر، واشر فلزی، پرگار، مداد، قیچی، چسب مایع و نواری، نقاله، خطکش .

روش ساخت :

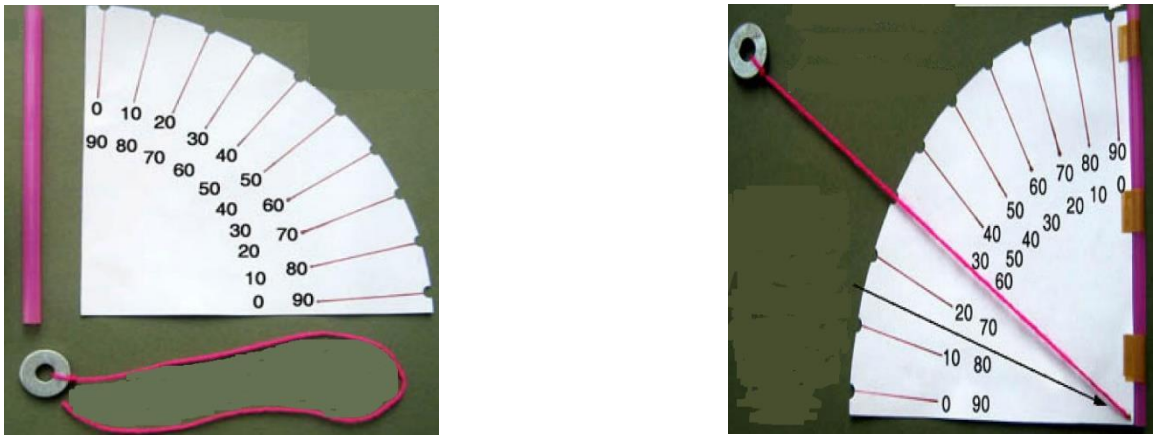
۱- طبق شکل دو خط عمود بر هم با فاصله یک سانتیمتر از کنار کاغذ رسم کنید .

۲- با استفاده از پرگار، ربع دایره ای به شعاع ۱۰ و ۱۱سانتیمتر از تقاطع دو خط رسم کنید و با قیچی مقوا را از روی شعاع یازده سانتیمتر برش بزنید.

۳- با استفاده از نقاله، ربع دایره را به ۹ قسمت ۱۰ درجه‌ای تقسیم کنید و از صفر تا نود را در کنار هر خط بنویسید.

۴- با چسب نواری نی را بر روی خط نود درجه بچسبانید .

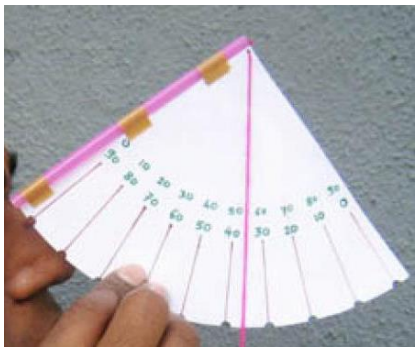
۵- نخ را برداشته و واشر فلزی را به یک سر آن گره بزنید. سر دیگر نخ را با چسب مایع بر روی تقاطع دو خط یا مرکز ربع دایره بچسبانید.



شکل ۱۰-۳: روش ساخت اسطرلاب

روش کاربرد :

مقوا را طوری در دست بگیرید که بتوانید از داخل نی جرم مقابل خود را ببینید. در این حالت، نخ عمود بر زمین و روی صفر درجه قرار دارد. حال مقوا را به سمت ستاره قرمز یا جرم مورد نظر حرکت تا بتوانید آن را از داخل نی مشاهده کنید. مجدد به نخ نگاه کنید و زاویه‌ای که نخ بر روی آن است را خوانده و ثبت کنید.



شکل ۱۰-۴: مطابق شکل از درون نی به جرم نجومی نگاه می‌کنیم

۱۰-۲ساعت آفتابی

ساعت آفتابی وسیله ای است که زمان را با استفاده از سایه یک شاخص با تغییر مکان خورشید در آسمان اندازه می‌گیرد.

معمول ترین نوع ساعت آفتابی از میله ای ساخته شده است که روی صفحه ای قرار دارد و ساعت‌های شبانه روز روی صفحه نشانه‌گذاری شده‌اند. وقتی مکان خورشید در آسمان عوض می شود، مکان سایه میله هم روی صفحه جابه جا می شود و ساعت را نشان می‌دهد.
توالی فصل‌ها و تأثیر آن بر زندگی انسان‌ها از زمان‌های دور، دانش تقویم را به یکی از نیازهای اصلی انسان در تمدن‌های بزرگ تبدیل کرد. موضوع اصلی تقویم سنجش و اندازه‌گیری زمان بود و در این میان دانستن مدت روز و داشتن زمان آن بسیار مهم می‌نمود. حضور خورشید در آسمان و تکرار روز و شب اندیشه ساخت نخستین ابزار برای سنجش زمان را در انسان ایجاد کرد و به این ترتیب ساعت‌های آفتابی به عنوان اولین ساعت‌ها ساخته شد و با درک بهتر انسان از کارایی کره آسمانی پیشرفت بیشتری کرد.
براساس نوشته‌های هرودوت قدمت این ساعت‌ها به ۵۰۰۰ سال قبل برمی‌گردد و او ساخت این ابزار را به سومری‌ها و کلدانی‌ها نسبت می‌دهد، اقوامی که در منطقه بین‌النهرین می‌زیستند.
بیشتر ساعت‌های آفتابی تزئینی برای عرض جغرافیایی ۴۵ درجه طراحی می‌شوند. اگر بخواهیم چنین ساعت‌هایی را برای عرض‌های جغرافیایی دیگر به کار ببریم، باید صفحه ساعت را کج کنیم تا محور ساعت (راستای میله ساعت) موازی با محور چرخش زمین قرار بگیرد و راستایش (در نیم‌کره شمالی) به سمت قطب شمال باشد.
ساعت آفتابی انواع مختلفی دارد : استوایی، افقی، قطبی، عمودی، آنالمایی، ارتفاعی

شکل ۱۰-۵ : نمونه‌ای از ساعت آفتابی مسطح

شکل ۱۰-۶: نمونه ساعت آفتابی استوایی

۱۰-۳تلسکوپ

تلسکوپ وسیله‌ای اساسی برای مشاهده اجرام آسمانی است .

بیشترین اطلاعاتی که از ستارگان داریم به واسطه نوری است که از آنها به زمین می‌رسد. چشم ما تمام آن چیزی است که برای مشاهده اجمالی صورتهای فلکی، کشیدگی اسرارآمیز راه شیری و مسیر زیبایی که شهابسنگ ها ازخود در آسمان بجای می‌گذارند به آن نیاز داریم. تا قبل از اختراع تلسکوپ تنها وسیله بررسی آسمان همان چشم بود اما با اختراع تلسکوپ انسان قادر شد اطلاعات بیشتری از فضای اطراف خود بدست آورد. امروزه علاوه بر تلسکوپ نوری انواع تلسکوپ‌های دیگری که قادرند طول موجهای دیگری از امواج الکترو مغناطیسی را دریافت و بررسی کنند نیز اختراع شده، مانند تلسکوپهای امواج گاما، ایکس، فرا بنفش، مادون قرمز و رادیویی که جهان را برای ما روشن‌تر کرده‌اند و اطلاعات بیشتری از فضای اطراف در اختیارمان قرار می‌دهند.

تلسکوپ نوری از سه راه به منجم کمک می کند

۱-نوری که از اجرام سماوی ساطع می‌شود را جمع کرده و به این ترتیب باعث می‌شود که اجرام پر نورتر به نظر آیند (این خاصیت را توان جمع آوری نور گویند).

۲- جزئیات اجرام را مشخص می‌کند. مانند حفره های سطح ماه ،قمرهای مشتری، حلقه های زحل و.... (این خاصیت توان تفکیک نامیده می‌شود).

۳- بخشی از آسمان را که مورد مطالعه است، بزرگ می‌کند.

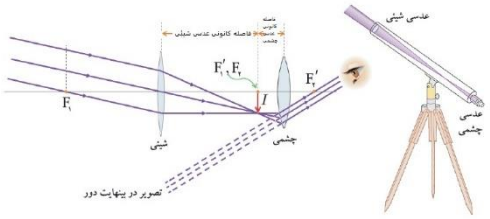
تلسکوپ‌های نوری دو نوع اصلی هستند :

تلسکوپ شکستی(گالیله ای)

نخستین تلسکوپ از نوع شکستی بود که بوسیله گالیله دانشمند و اخترشناس بزرگ ایتالیایی درسال ۱۶۰۹ میلادی اختراع شد.

ساده ترین نوع تلسکوپ شکستی، فقط از دو عدسی تشکیل می‌شود. عدسی‌ای که به سمت شئ (ستاره، ماه وغیره) است، شیئی نامیده می‌شود. کار آن ایجاد تصویری از شئ مورد مشاهده است. عدسی دیگر که ناظر از آن تصویر را می‌بیند چشمی نام دارد. نوری که از نقاط جسم وارد شیئی می شود به صورت شعاع های موازی است. تصویری که این شعاع های موازی ایجاد می‌کنند بر صفحهٔ کانونی تشکیل می‌شود. صفحهٔ کانونی، صفحه ای است که از کانون می‌گذرد و عمود بر محور عدسی است. تصویری که عدسی اول ایجاد می کند تصویر اول نامیده می‌شود. کار چشمی بزرگ نمودن تصویر اول است. برای دست یافتن به بزرگنمایی باید چشمی در جایی قرار گیرد که تصویر اول درست داخل کانون آن، یعنی بین چشمی و کانون ولی بسیار نزدیک به کانون باشد. یکی از کارهای اصلی یک تلسکوپ ایجاد بزرگنمایی زاویه‌ای است.

شکل ۱۰-۷: تلسکوپ شکستی گالیله

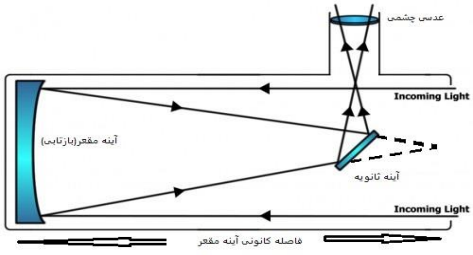


شکل ۱۰-۸: چگونگی تشکیل تصویر دریک تلسکوپ

تلسکوپ بازتابی (نیوتنی)

تلسکوپهای نیوتونی از یک آینه مقعر، (شیئی) که غالبا سهمی شکل است و آینه‌ای تخت (ثانویه) تشکیل می‌شوند. همانطور که در تصویر۱۰-۱۰ دیده می‌شود، آینه تخت با زاویه ۴۵ درجه قرار می‌گیرد و نور را قبل از اینکه کانونی شود به سمت چشمی هدایت می‌کند.

شکل ۱۰-۹: تلسکوپ نیوتن ۱۶۷۲



شکل ۱۰-۱۰: چگونگی تشکیل تصویر دریک تلسکوپ

دوربین دوچشمی نجومی

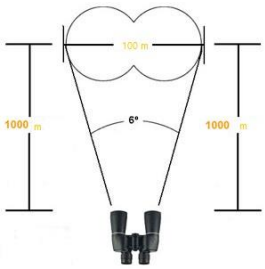
معمولا افرادی که به نجوم علاقمند می‌شوند، تصور می‌کنند که حتما لازم است برای رصد از تلسکوپ استفاده کنند. اما باید دانست که یک دوربین دوچشمی نجومی برای تازه کارها گاهی کارایی بیشتری از یک تلسکوپ دارد. با یک دوربین دوچشمی مناسب می‌توان ده‌ها کهکشان، سحابی و خوشه‌ی ستاره‌ای را در آسمان رصد کرد. هر چند در دوربین‌های دوچشمی نمی‌توان تمام قابلیت‌های تلسکوپ‌ها را یافت و محدودیت‌هایی در این ابزار رصدی وجود دارد.

سبک بودن، قابل حمل بودن و کاربری آسانِ دوربین‌های دوچشمی در برخی موارد باعث برتری این ابزار نسبت به تلسکوپ می‌شود.

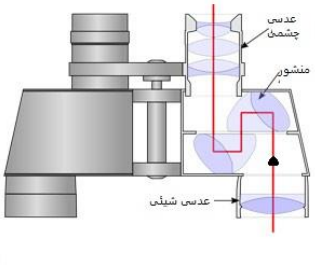
از سوی دیگر بزرگنمایی کم و میدان دید باز دوربین‌های دوچشمی آن‌ها را به ابزاری عالی برای رصد اجرام گسترده‌ی آسمان تبدیل می‌کند. به این ترتیب علاوه بر ستاره‌ها اجرام غیرستاره‌ای فراوانی، از خوشه‌های ستاره‌ای گرفته تا سحابی‌های مختلف و کهکشان‌های دوردست را می‌توان با دوربین‌های دوچشمی رصد کرد؛ در مقابل رصد اجرامی با اندازه‌ی ظاهری کوچک (مانند سیارات) با دوچشمی‌ها چندان لذت‌بخش نخواهد بود. باید توجه داشت که هنگام استفاده حتما لازم است این دوربین‌ها روی سه پایه نصب شوند. در غیر اینصورت به دلیل لرزش دست، امکان رصد با آن‌ها وجود ندارد.

همانطور که در تصویر زیر مشاهده می‌کنید در هر چشم دوربین دوچشمی از یک عدسی شیئی، دو منشور جهت انتقال نور و افزایش میدان دید، یک عدسی چشمی اصلی و دو عدسی تصحیح کننده جهت فوکوس بهتر استفاده شده است.

شکل ۱۰-۱۱: رصد هلال ماه توسط دوربین نجومی



شکل ۱۰-۱۲: افزایش میدان دید در دوربین نجومی



شکل ۱۰-۱۳: ساختمان داخلی دوربین نجومی

خوشه M۱۳ یکی از شناخته‌شده‌ترین و پرنورترین خوشه‌های کروی آسمان است. این خوشه ستاره‌ای را به راحتی می‌توان با دوربین دوچشمی در صورت فلکی جاثی پیدا کرد. به همین دلیل این خوشه از اولین اجرامی است که علاقه‌مندان رصد آسمان شب آن را می‌بینند.

شکل ۱۰-۱۲: تصویرخوشه M۱۳. این تصویر با یک تلسکوپ کوچک گرفته شده و میدان دیدی به اندازه یک ماه کامل را در بر می‌گیرد. تصویر سمت راست پایین توسط تلسکوپ هابل گرفته شده و قسمت کوچکی از خوشه را نشان می‌دهد.

معرفی تلسکوپهای مهم دنیا

اولین تلسکوپ نوری کمی بیش از ۴۰۰ سال پیش ساخته شد. امروزه فناوری موجود در تلسکوپ ها بسیار پیشرفت کرده است . ستاره شناسان و محققان به طور یکسان از تلسکوپ‌ها به عنوان ابزار اصلی خود برای کاوش در جهان ، جستجوی نظریات فراوان و کسب اطلاعات بیشتر درباره جایگاه بشریت در آن استفاده می‌کنند. در ادامه به معرفی برخی تلسکوپهای مهم و پرکاربرد دنیا می‌پردازیم.

تلسکوپ فضایی هابل

تلسکوپ فضایی هابل یک تلسکوپ بزرگ در فضا است که ناسا آن را در سال ۱۹۹۰ راه‌اندازی کرد. هابل تقریبا ۱۴ متر طول، ۱۱۵۰۰ کیلوگرم وزن دارد قطر آینه اصلی آن ۲/۴ متر است. هابل از سیارات ، ستارگان و کهکشان ها عکس می‌گیرد ؛ ستاره های متولد شده و ستاره‌های در حال مرگ را دیده است. این تلسکوپ کهکشان‌هایی را دیده که با آنها تریلیون مایل فاصله دارد.

هابل در بالای جو زمین قرار دارد ؛ بنابراین می‌تواند فضا را بهتر از تلسکوپ های روی زمین ببیند. این تلسکوپ از یک دوربین دیجیتال استفاده می‌کند و از فضا عکس می‌گیرد. سپس از امواج رادیویی برای ارسال تصاویر استفاده می‌کند.

تصاویر هابل به دانشمندان کمک می‌کند تا در مورد کل جهان اطلاعات بیشتری کسب کنند.

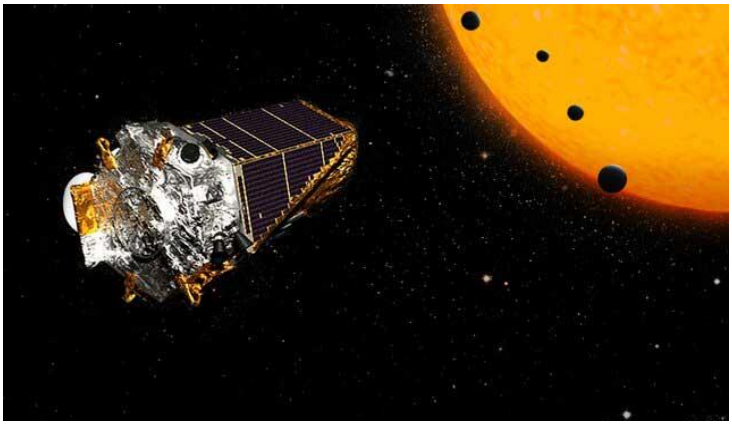
شکل ۱۰-۱۳: تلسکوپ هابل

تلسکوپ فضایی کپلر

تلسکوپ فضایی کپلر یک تلسکوپ فضایی بازنشسته است که توسط ناسا با هدف کشف سیارات فراخورشیدی مشابه زمین، به فضا پرتاب شده است. این تلسکوپ برای این درخشندگی ۱۰۰ هزار ستاره را در عرض ۳٫۵ سال بررسی کرد تا نشانه‌ای از کاهش درخشندگی بر اثرگذار سیاره‌ای بیابد. این مأموریت به نام ستاره‌شناس آلمانی یوهانس کپلر نامگذاری شده است.

در طول بیش از نه سال و نیم خدمت ، کپلر ۵۳۰ ستاره را مشاهده و ۲۶۶۲ سیاره را کشف کرد.

جرم این تلسکوپ ۱۰۳۹ کیلوگرم است و آینه‌ای با قطر ۱/۴ متر دارد.



شکل ۱۰-۱۴: تلسکوپ کپلر

تلسکوپ فضایی جیمز وب

این تلسکوپ جایگزین تلکسوپ فضایی هابل خواهد بود. تلسکوپ جیمز وب با اندازه‌ای بزرگ‌تر و قدرتی بالاتر و البته هدف‌هایی متفاوت تر از هابل طراحی شده است.

ابعاد این تلسکوپ بزرگتر از هابل است و دارای آینه‌ای عظیم است که بر قدرت رصدگری آن می‌افزاید و به علاوه نسبت به هابل در فاصله‌ای دورتر از زمین مستقر خواهد شد. آینه اصلی جیمز وب که عنصر بصری این تلسکوپ است، از ۱۸ آینه شش ضلعی تشکیل شده که آینه‌ای با قطر ۶/۵ متر را تشکیل می‌دهند. این آینه بسیار بزرگتر از آینه هابل با قطر ۲/۴ متر است.

بر خلاف هابل که طیف‌های اشعه فرابنفش، طیف مرئی و مادون قرمز (۰/۱ تا ۱ میکرومتر) را مشاهده می‌کند، تلسکوپ جیمز وب در محدوده فرکانس پایین‌تری از نور مرئی با طول موج بلند از طریق مادون قرمز (۰/۶ تا ۲۷ میکرومتر) رصد خواهد کرد که به آن اجازه می‌دهد اجرام بزرگی را مشاهده کند که برای هابل بیش از حد دور و بسیار قدیمی هستند.

شکل ۱۰-۱۵: تلسکوپ جیمز وب

تلسکوپ هیل

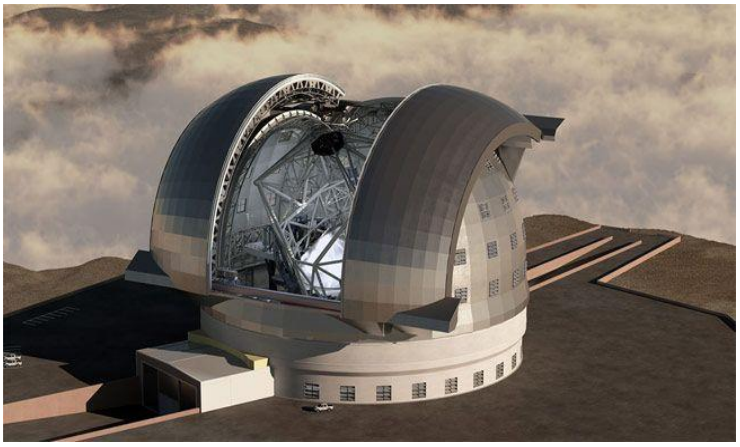
هیل یکی از بزرگ ترین تلسکوپ های جهان، با قطر آینه۵/۱ متر و وزن ۱۳ تن است .سطح صیقلی آن که با لایه نازکی از آلومینیوم پوشانده شده ، مقعر است . این تلسکوپ متعلق به رصدخانه پالومار است که در کوهستان «مونت ویلسون» در ارتفاع ۱۷۱۳ متری، در کالیفرنیای آمریکا قرار دارد .

ساختار آینه‌های هیل مخصوص رصد در طول موج مرئی است و در زمان خود، بزرگ ترین تلسکوپ نوری با آینه های بازتابی به شمار می رفت.

شکل ۱۰-۱۶: تلسکوپ هیل

تلسکوپ فوق العاده بزرگ اروپا(E-ELT)

این تلسکوپ دارای آینه ۱۳۸ فوت (۴۲ متری) است و طول آن تقریباً به نیمی از زمین فوتبال می‌رسد. آینه اصلی آن تقریباً از ۱۰۰۰ قطعه شش ضلعی تشکیل شده است ، این تلسکوپ واضح ترین منظره کیهان در طیف نور مرئی را در اختیار منجمان قرار می دهد .



شکل ۱۰-۱۷: تلسکوپ بزرگ اروپا(E-ELT)

فصل ۱۱

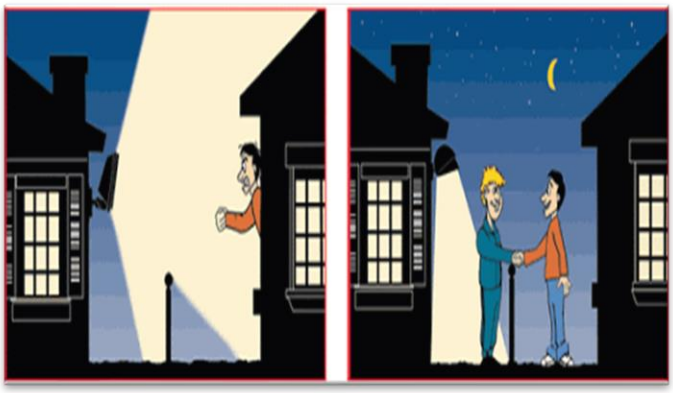
مهارت‌های رصدی

ستاره شناسی از علوم بسیار قدیمی است. انسان همواره در شناخت آسمان کنجکاو بوده و به آن علاقه داشته است. رصد آسمان علاوه بر یک فعالیت علمی، یک تفریح نیز به شمار می‌رود. در آسمان، سیارات و قمرها، دنباله‌دارها و اجرام عمق آسمان قابل مشاهده هستند. برای داشتن یک رصد هیجان انگیز مکان و زمان رصد بسیار مهم است .

۱۱-۱ پیدا کردن مکان مناسب برای رصد

شهرنشینان به دلیل آلودگی نوری و جوی، به رصد آسمان زیبا فکر نمی‌کنند. برای یک رصد لذت‌بخش در شهر باید ابتدا به دنبال مکانی با افق باز (جایی دور از ساختمان‌های بلند) باشید، اما با افق باز دو عامل مهم آلودگی نوری و آلودگی جوی را هم باید در نظر بگیرید. بنابراین شهرنشینان برای داشتن یک شب رصدی لذت‌بخش باید به مکان‌های تاریک‌تر سفر کنند. اگر از شهر کمی فاصله بگیرید، به کمک ساختمان‌های اطراف می‌توانید نور چراغ‌ها را حذف کنید

آلودگی نوری



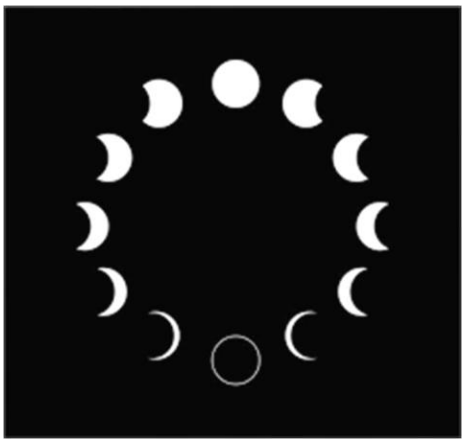
شکل ۱۱-۱: آلودگی نوری

آلودگی نوری، تنها عامل جدی برای رصد آسمان شب است. علاوه بر این عوامل دیگری برای انتخاب مکان رصد باید در نظر گرفته شود از جمله این موارد می توان به دود، گرد و غبار، ابرها، رطوبت، ارتفاع، آب و هوای خوب، دسترسی به مکان امن و عوامل دیگر اشاره کرد.

آلودگی نوری زمانی اتفاق می‌افتد که در یک محدوده مشخص تعداد لوازم روشنایی به گونه‌ای زیاد باشد که این نورها به سمت آسمان بوده و آسمان را روشن کند. این وضعیت باعث می‌شود اجرام در آسمان شب دیده نشوند.

وجود دود،گرد و غبار، رطوبت اضافی ابر و تمام عواملی که باعث شود اجرام آسمان دیده نشوند را می‌توان عوامل موثر در ایجاد آلودگی جوی برشمرد.

۱۱-۲ زمان مناسب



شکل ۱۱-۲: تصویری از فازهای ماه

اگر برای رصد یک پدیده نجومی مانند بارش شهابی یا دیدن مقارنه دو جرم و ... به یک رصد شبانه بروید، باید حتما در زمان مناسب که هنوز هوا روشن است به مکان رصد رفته و با محیط اطراف آن (افراد محلی، حیوانات موجود و ...)کاملا آشنا شوید . قبل از تاریکی هوا ابزار نجومی را مستقر کرده و از مکان غروب خورشید به جهت‌های آسمان کاملا مسلط شوید تا در زمان تاریک شدن هوا از رصد آسمان شب لذت ببرید. برای دیدن ماه، سیارات و کهکشان راه شیری حتما شب‌های اوایل ماه قمری یا اواخر آن را انتخاب کنید که روشنایی ماه برای دیدن بقیه اجرام مزاحمت ایجاد نکند.

۱۱-۳ نرم افزار رصدی

شکل ۱۱-۳: نرم افزار رصدstellarium

در حال حاضر نرم‌افزارهای موجود در گوشی‌ها بهترین ابزار هستند. آنها هر تعداد جرم آسمانی را که می‌خواهید رصد کنید، برای هر ساعتی از شب نمایش می‌دهند، همچنین می‌توانید از نقشه‌های کاغذی آسمان استفاده کنید. اگر وسایلی مانند کامپیوتر همراه دارید نرم‌افزار stellarium کم‌حجم‌ترین و کاربردی‌ترین نرم‌افزار برای آشنایی با آسمان شب است.

۱۱-۴ ابزار رصد

شکل ۱۱-۴: دوربین دوچشمی

ابتدا مدت زمانی را صرف مشاهده ستاره‌ها کنید تا کاملا با آسمان آشنا شوید، سپس به سراغ خریدن یک دوربین دوچشمی بروید. بعضی‌ها ممکن است فکر کنند که دوربین‌های دوچشمی در مقابل تلسکوپ بی ارزش هستند. اما خوب است بدانید یک دوربین دوچشمی با کیفیت، بهتر از یک تلسکوپ بی‌کیفیت است. دوربین‌های دوچشمی در اندازه‌های مختلفی وجود دارند ولی بسیاری ترجیح می‌دهند از ۷ x۵۰ استفاده کنند عدد ۷ به بزرگنمایی اشاره دارد و ۵۰ قطر عدسی دوربین برحسب میلیمتر را نشان می‌دهد.

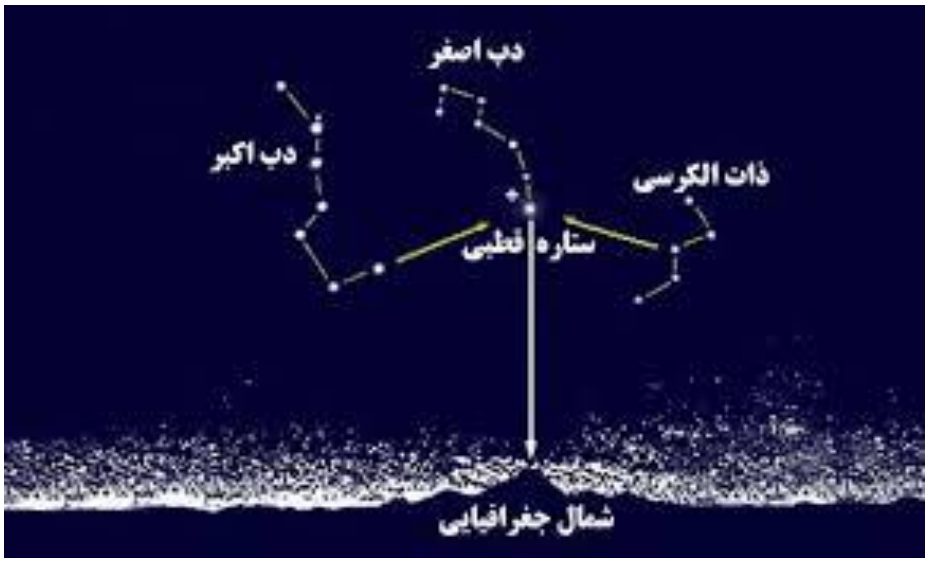
با دوربین‌های دوچشمی می‌توانید حفره‌های ماه، هلال زهره و قمرهای مشتری را کاملا واضح رصد کنید. هنگام ظهور یک دنباله‌دار جدید، هیچ وسیله‌ای نمی‌تواند بهتر از یک دوربین دوچشمی، نمایی کلی از سر و دم یک دنباله‌دار را برای شما مشخص کند.

همچنین می توانید از تلسکوپهای بازتابی یا شکستی برای رصد استفاده کنید. اگر منجم آماتور هستید یک تلسکوپ شکستی ۲.۴ تا ۳ اینچ یا بازتابی ۴ تا ۶ اینچ برای ابتدای کار خوب است.

توجه:

در ابتدای کار سعی کنید با آسمان و جهت‌های آن کاملا آشنا شوید. کمی وقت صرف مشاهده ستاره‌ها با چشمان خودتان بکنید تا کمی با ستاره‌های درخشان و صورت‌های فلکی آشنا شوید. برای این کار بهتر است در اوایل کار از نقشه‌ها و کتاب‌ها استفاده کنید. سعی کنید صورت‌های فلکی مهم و کلیدی را در آسمان پیدا کنید. هنگامی که از یک نقشه آسمان استفاده می‌کنید، حتما با یک چراغ قوه که فیلتر قرمز دارد این کار را انجام دهید.

فصل ۱۲



جهت یابی

مقدمه

شکل۱۲-۱: جهت یابی

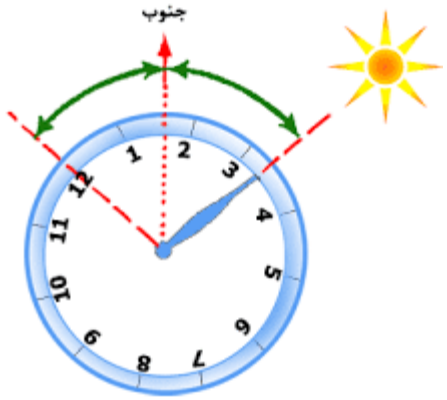
یافتن جهت‌های جغرافیایی را جهت‌یابی گویند. جهت‌یابی در بسیاری از موارد کاربرد دارد. برای نمونه وقتی در مکانی نا آشنا گم شده باشید، با دانستن جهت‌های جغرافیایی، می‌توانید محل مورد نظر را پیدا کنید. اگر رو به شمال بایستید، سمت راست مشرق (شرق، باختر)، سمت چپ مغرب (غرب، خاور) و پشت سر جنوب است. (جهت‌های جغرافیایی، چهار جهت را جهت‌های اصلی می‌نامند. بین هر دو جهت اصلی یک جهت فرعی وجود دارد. مثلاً نیمساز جهت‌های شمال و شرق، جهت شمالِ شرقی (شمالِ شرق) را مشخص می‌کند .

برخی روش‌های جهت‌یابی مخصوص روز، و برخی ویژه شب اند. برخی روش‌ها هم در همه زمانها استفاده می شوند. قابل ذکر است که بسیاری از این روش‌ها کاملاً دقیق نیستند و صرفاً جهت‌های اصلی را به صورت تقریبی مشخص می‌کنند. برای جهت‌های دقیق باید از قطب‌نما استفاده کرد، و میل مغناطیسی و انحراف مغناطیسی را باید در نظر گرفت بیشتر مطالب مربوط به نیمکره شمالی است.

۱-۱۲ جهت یابی در روز

روشهای جهت یابی درروز که در اینجا به آنها اشاره می شود عبارتند از :جهت یابی بوسیله ی ساعت و خورشید، بوسیله ی چوب وآفتاب(سایه)، بوسیله‌ی مقاطع در ختان و.....

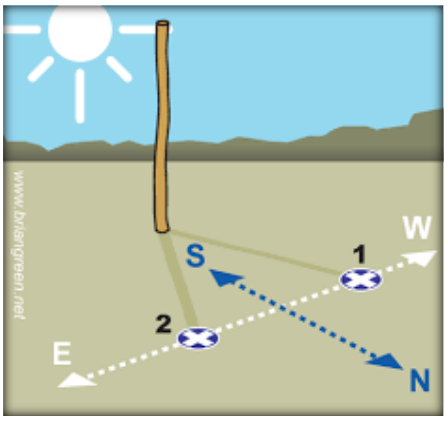
جهت یابی با ساعت و خورشید



شکل۱۲-۲: جهت‌یابی با ساعت

عقربه‌ی ساعت شمار را به طرف خورشید طوری بگیرید که سایه آن درست در زیر عقربه قرار گیرد در این حال زاویه بین عقربه ساعت شمار و ساعت ۱۲ را در نظر گرفته نیمساز آن را نظری رسم کنید. جهت نیمساز به طرف جنوب و سمت دیگر آن به طرف شمال می باشد(شکل۱۲-۲).

جهت‌یابی با چوب و آفتاب (سایه)



شکل۱۲-۳: جهت یابی با سایه

چوبی را که درازای آن حدود یک متر یا کمتر باشد انتخاب کنید. آنرا بطور عمودی در زمین فرو کنید .

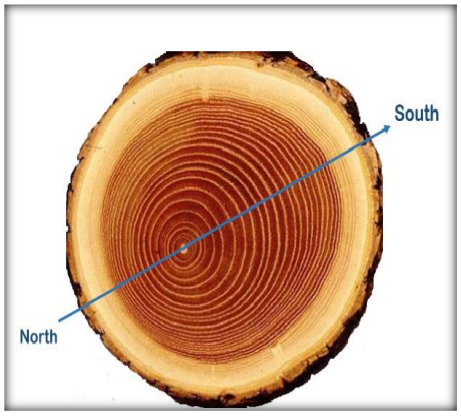
سایه سر چوب را با یک تکه سنگ یا وسیله دیگری علامت گذاری کنید. پس از حدود یک ربع دوباره سایه سر چوب را که تغییر کرده است علامت گذاری کنید. به وسیله‌ی خطی این دو نقطه را در روی زمین وصل نموده امتداد دهید.

در این حال مشاهده می‌کنیدکه جهت حرکت سایه از مغرب به طرف مشرق است. اگر از هر نقطه این خط، خطی بر آن عمود کنید امتداد شمال و جنوب بدست می‌آید(شکل ۱۲-۳).

جهت‌یابی با مقطع درختان

در مقطع درختان بریده شده درختان تعدادی دایره‌های متحد المرکز مشاهده می شود که هر کدام نشانه‌ی یک سال از عمر درخت می‌باشد.

این دایره‌ها در یک سمت به هم نزدیک و در سمت دیگر دور خواهند بود. سمتی که دایره‌ها از هم دور هستند سمت جنوب (به علت تابش، باد ،آب و رشد بیشتر آن) و سمتی که دایره ها به هم نزدیکترند سمت شمال می‌باشد. لازم به ذکر است که در نیمکره جنوبی کره زمین، سمتها عکس این مطلب خواهد بود.



شکل۱۲-۴: جهت یابی با مقطع درخت

۲-۱۲ جهت یابی در شب

در شب بهترین وسیله برای جهت یابی استفاده از وجود ماه و ستارگان است که در اینجا به ذکر چند نمونه از آن می پردازیم:

جهت‌یابی با ستارگان صورتهای فلکی

در قطب شمال آسمان ستاره ثابتی است به نام ستاره قطبی که اگر رو به آن بایستید رو به شمال ایستاده اید . برای پیدا کردن این ستاره می‌توان از ستارگان دب اکبر و ذات الکرسی کمک گرفت.

ستارگان دب اکبر هفت ستاره‌اند که به شکل ملاقه قرار گرفته‌اند . اگر دو ستاره آخر یعنی لبه ملاقه را در نظر بگیرید و به وسیله یک خط فرضی آنها را به هم وصل نموده پنج برابر ادامه دهید این خط به ستاره قطبی می‌رسد.

به وسیله ستارگان ذات الکرسی نیز می توان ستاره قطبی را پیدا کرد.این ستارگان به صورت M وW بوده که راس زاویه وسطی آن به طرف ستاره قطبی می‌باشد. همانطور که در فصل پیش گفته شد دو صورت فلکی دب اکبر و ذات الکرسی تقریبا مقابل یکدیگر قرار دارند که اگر احتمالا شبی یکی از آنها مشخص نشد از دیگری میتوان کمک گرفت.

شکل۱۲-۵: جهت یابی با ستارگان صورتهای فلکی

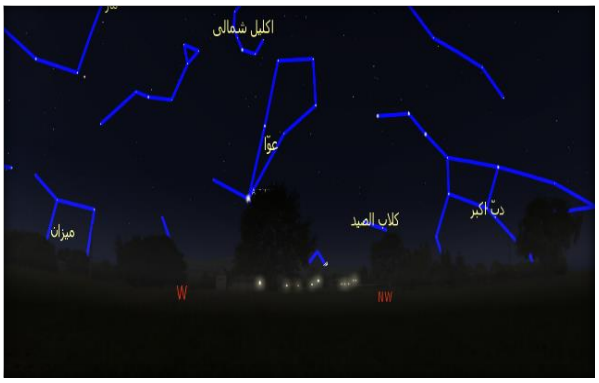
جهت یابی با ستارگان خوشه پروین

دسته ای ستاره حدود(۱۰الی ۱۵) در یک جا به شکل خو شه انگور کنار هم قرار گرفتند که به آن خوشه پروین می‌گویند. این ستارگان مانند خورشید از شرق به طرف غرب در حال حرکتند ولی در تمام زمانها دم آن به طرف شرق می‌باشد.

شکل۱۲-۶: جهت یابی با خوشه پروین

جهت یابی با ستارگان صورت فلکی عوا

حدود هفت یا هشت ستاره در آسمان وجود دارد که به شکل باد بادک است. این ستارگان نیز از شرق به طرف غرب حرکت می‌کنند و همواره دنباله باد بادکی آن به طرف جنوب است.

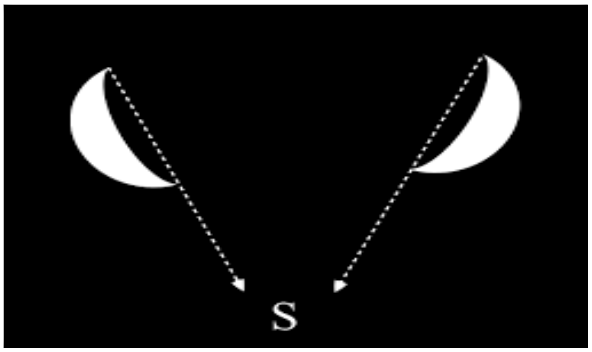


شکل۱۲-۷: جهت یابی با صورت فلکی عوا

جهت‌یابی با ماه

تحدب (برجستگی) هلال ماه، همواره درنیمه اول ماه به سمت غرب و در نیمه دوم به سمت شرق می باشد.

همچنین وقتی ماه به صورت قرص کامل است، می‌توان به کمک حرکت ظاهری ماه (که از مشرق به طرف مغرب است) جهت‌یابی کرد.



شکل۱۲-۸: جهت یابی با ماه

منابع

- نجوم به زبان ساده، مایر دگانی، احمد خواجه پور، انتشارات گیتاشناسی
- اخترفیزیک ستاره ای، جلد ۱، اریکا بوم ـ ویتنس، منیژه رهبر، مرکز نشر دانشگاهی
- اخترفیزیک ستاره ای، جلد ۲، اریکا بوم ـ ویتنس، پیمان صاحب سرا، مرکز نشر دانشگاهی
- درآمدی بر اخترفیزیک نوین، نعمت الله ریاضی، علی فتحی لقمانی، نشر آوند اندیشه
- ساختار ستارگان و کهکشان ها، پاول هاوج، توفیق حیدر زاده، انتشارات گیتا شناسی
- ستارگان: ساختار و تحول آنها، آر جی تیلر، تقی عدالتی، نشر استاد
- نجوم دینامیکی، رابرت تی دیکسون،احمد خواجه نصیر طوسی، مرکز نشر دانشگاهی
- نجوم و اخترفیزیک مقدماتی، جلد ۱و ۲، زیلیک و اسمیت، جمشید قنبری، تقی عدالتی، انتشارات دانشگاه امام رضا
- مقدمه ای بر اخترفیزیک نوین، جلد ۱، بردلی کرول، دیل استلی، جمشید قنبری، سعیده حسابی، انتشارات آستان قدس رضوی
- اساس ستاره شناسی/مایکل سیدز، مترجم محمد تقی عدالتی–مشهد دانشگاه امام رضا،۱۳۸۳.

https://www.nasa.gov

ISBN:978-600-7729-96-0

قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش آموزی

http://nojum.src.medu.ir