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

# مبانی نجوم

## ( سطح مقدماتی)

ویژه دانش آموزان دوره دوم متوسطه

بسم الله الرحمن الرحیم

# مبانی نجوم

## سطح مقدماتی

## ویژه دانش آموزان دوره دوم متوسطه

| | | |
|---|---|---|
| عنوان و نام پدیدآور | : | مبانی نجوم:سطح مقدماتی ویژه دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه/گروه تالیف: وحید راغب،...[و دیگران] ؛ مدیریت و برنامه‌ریزی و تالیف اداره کل آموزش و پرورش خراسان رضوی ؛<br>مشاوران طرح: هادی ظریف، محمدحسین پورعباس ؛ [برای] قطب کشوری نجوم پژوهش‌سراهای دانش‌آموزی. |
| مشخصات نشر | : | مشهد: اخترنگار ،۱۴۰۰. |
| مشخصات ظاهری | : | ۱۰۲,xiii ص.: مصور(رنگی)،جدول. |
| شابک | : | ۹۷۸-۶۰۰-۷۷۲۹-۹۷-۷ |
| وضعیت فهرست نویسی | : | فیپا |
| یادداشت | : | گروه تالیف: وحید راغب، آرزو تاج‌محمدی، صدیقه رضاپور، نادیا زرقی، آسیه حبیبی. |
| یادداشت | : | کتابنامه: ص.۱۰۲. |
| 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 | : | ۷۶۳۰۷۹۳ |
| وضعیت رکورد | : | فیپا |

**وزارت آموزش و پرورش**

**اداره کل آموزش و پرورش خراسان رضوی**

**نام کتاب:** مبانی نجوم / سطح مقدماتی / ویژه دانش آموزان دوره دوم 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: ۷-۹۷-۷۷۲۹-۶۰۰-۹۷۸**

**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: مقدمه..... ۱
۱-۱ سیر تاریخی نجوم..... ۲
دوره زمین مرکزی..... ۲
انقلاب کوپرنیکی..... ۳
اختراع تلسکوپ..... ۴
دوره فراکهکشانی یا کیهانی..... ۴
۱-۲ مشارکت نجوم مدرن در جامعه امروز..... ۵
فصل ۲ :مفاهیم کاربردی در نجوم..... ۸
۲-۱ واحد های اندازهگیری..... ۹
درجه..... ۹
واحد نجومیAU..... ۱۰
سال نوری..... ۱۰
اختلاف منظر..... ۱۰
پارسک..... ۱۱
۲- ۲ آشنایی با مفاهیم فیزیک ..... ۱۱
ماهیت نور..... ۱۱
تابش الکترومغناطیس..... ۱۱
طیف ستارگان..... ۱۲
انرژی هستهای..... ۱۲
شکافت هستهای..... ۱۲
همجوشی هستهای..... ۱۳
نیزوی گرانش..... ۱۳
قوانین کپلر..... ۱۴
۲-۳ استفاده از طیف سنجی در بدست آوردن داده های فیزیکی مانند دما و ترکیبات شیمیایی..... ۱۵
فصل سوم: اجزای تشکیل دهنده کیهان..... ۱۷
کیهان چیست..... ۱۸
۳-۱ ستاره..... ۱۸
۳-۲ سحابی..... ۱۸
۳-۳ سیارات..... ۱۹
۳-٤ قمرها..... ۱۹
۳-٥ سیارکها..... ۲۰
۳-٦ دنباله دارها..... ۲۰
۳-۷ کهکشانها..... ۲۰
فصل چهارم: خورشید و سیارات منظومه شمسی..... ۲۱
۴-۱ خورشید..... ۲۲
لایههای خورشید..... ۲۲
میدان مغناطیسی خورشید..... ۲۴

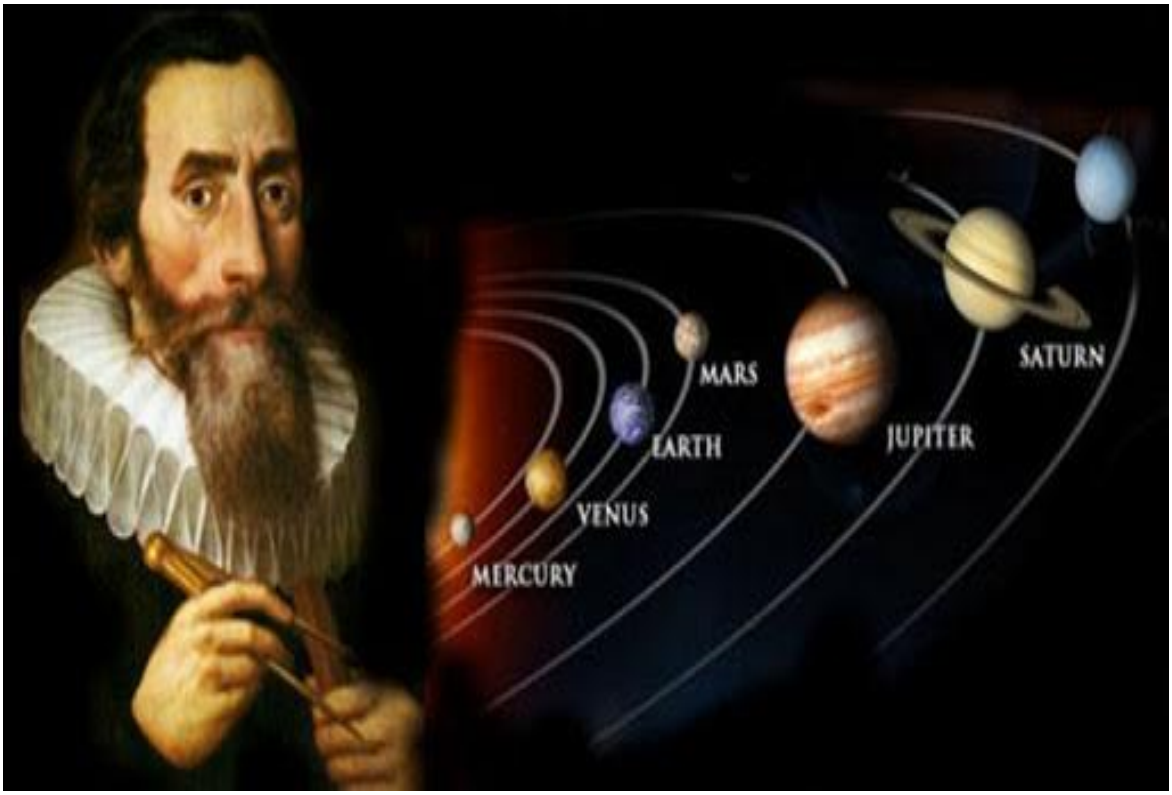
بادهای خورشید..... ۲۴
۲-۴ سیارات داخلی..... ۲۶
عطارد..... ۲۶
زهره..... ۲۷
۳-۴ زمین و ماه..... ۲۸
زمین..... ۲۸
حرکت وضعی زمین..... ۲۹
حرکت انتقالی زمین..... ۲۹
جو زمین..... ۲۹
میدان مغناطیسی زمین..... ۳۰
کمربند های تابشی وان الن..... ۳۰
فجرها..... ۳۱
حرکتهای ماه..... ۳۱
سطح ماه..... ۳۲
جو ماه..... ۳۲
جزر و مد..... ۳۲
رخ گرد ماه..... ۳۲
اهله ماه..... ۳۳
میدان مغناطیسی ماه..... ۳۳
گرفتها: کسوف و حسوف..... ۳۳
۳-٤ سیارات خارجی..... ۳۴
مریخ..... ۳۴
مشتری..... ۳۶
زحل..... ۳۷
اورانوس..... ۳۹
نپتون..... ۴۰
فصل پنجم: اجرام کوچک منظومه شمسی..... ۴۲
۵-۱ سیارک ها ..... ۴۳
۵-۲ دنباله دارها ..... ۴۳
۵-۳ شهاب سنگها ..... ۴۵
۵-٤ حلقه ها..... ۴۶
۵-۵ قمرها..... ۴۷
۵-٦ گاز و گرد و غبار بین سیاره ای ..... ۴۷
۵-۷ شکل گیری منظومه شمسی ..... ۴۷
فصل ششم: دستگاههای مختصات..... ۴۹
دستگاه مختصات سماوی..... ۵۰
۶-۱دستگاه مختصات افقی..... ۵۰
سمت..... ۵۱

ارتفاع..... ۵۱
۶-۲دستگاه مختصات استوایی..... ۵۱
بعد..... ۵۲
میل..... ۵۲
۶-۳دستگاه مختصات دایره البروجی..... ۵۳
طول سماوی..... ۵۳
عرض سماوی..... ۵۴
فصل هفتم:ستارگان..... ۵۵
تولد ستاره..... ۵۶
۷-۱ ویژگیهای ستارگان ..... ۵۶
جنس ستارگان..... ۵۶
اندازه ستارگان..... ۵۶
جرم وچگالی ستارگان..... ۵۶
جَوّ ستارگان..... ۵۷
طیف ستارگان..... ۵۷
دمای ستارگان..... ۵۷
درخشندگی..... ۵۷
روشنایی..... ۵۷
قدر ظاهری..... ۵۸
قدر مطلق..... ۵۸
حرکت‌های ستاره ای..... ۵۸
نمودار هرتسپرانگ - راسل..... ۵۹
غول های سرخ..... ۶۰
کوتوله سفید..... ۶۱
ستاره نوترونی..... ۶۱
سیاهچاله..... ۶۲
فصل هشتم: سیارات فراخورشیدی..... ۶۳
۸-۱ سیارات فراخورشیدی یا سیارات غیر خورشیدی..... ۶۴
۸-۲ نمونه ای از سیارات فراخورشیدی پروکسیما بی ..... ۶۴
فصل نهم:کهکشانها..... ۶۶
۹-۱ ساختار کهکشان..... ۶۷
دیسک کهکشان..... ۶۷
هاله کهکشان..... ۶۷
مرکز کهکشان..... ۶۷
۹-۲ انواع کهکشان..... ۶۸
کهکشان‌های مارپیچی..... ۶۸
کهکشان‌های بیضوی..... ۷۱
کهکشان‌های نامنظم..... ۷۲

فصل دهم :مهبانگ..... ۷۳
۱۰-۱ واژه شناسی مهبانگ..... ۷۴
۱۰-۲ تاریخچه و نظریه مهبانگ..... ۷۴
۱۰-۳ روند تشکیل عناصر..... ۷۵
فصل یازدهم:آشنایی با صورت های فلکی و آسمان شب..... ۷۷
۱۱-۱ آشنایی با صورت های فلکی..... ۷۸
دب اکبر(خرس بزرگ)..... ۷۸
دب اصغر(خرس کوچک)..... ۷۹
ذات الکرسی..... ۷۹
قیقاووس..... ۸۰
اژدها(تنین)..... ۸۰
جبار(شکارچی)..... ۸۰
۱۱-۲ صورت های فلکی دایرة البروجی..... ۸۱
صورت فلکی حَمَل..... ۸۱
صورت فلکی ثور..... ۸۱
صورت فلکی جوزا..... ۸۱
صورت فلکی سرطان..... ۸۲
صورت فلکی اسد..... ۸۲
صورت فلکی سنبله..... ۸۲
صورت فلکی میزان..... ۸۲
صورت فلکی عقرب..... ۸۲
صورت فلکی قوس..... ۸۳
صورت فلکی جَدی..... ۸۳
صورت فلکی دَلو..... ۸۳
صورت فلکی حوت..... ۸۳
نمایی از صورتهای فلکی دایرة البروجی..... ۸۳
۱۱-۳ اختفای نجومی..... ۸۴
۱۱-۴ مقارنه نجومی..... ۸۴
فصل دوازدهم:آشنایی با ابزارهای اندازه گیری در نجوم..... ۸۵
آشنایی با ابزارهای اندازه گیری و رصدی در نجوم..... ۸۶
۱۲-۱ اسطرلاب..... ۸۶
۱۲-۲ ساعت آفتابی..... ۸۷
۱۲-۳ تلسکوپ..... ۸۷
تلسکوپ شکستی(گالیله ای)..... ۸۸
تلسکوپ بازتابی (نیوتوی)..... ۸۸
تلسکوپ کاسگرین..... ۸۹
تلسکوپ رادیویی..... ۸۹
تلسکوپ های ذرات پر انرژی گاما، ایکس، ماورای بنفش و تلسکوپ حرارتی مادون قرمز..... ۹۰

۱۲-۴ دوربین دوچشمی نجومی..... ۹۰
۱۲-۵ معرفی تلسکوپهای مهم دنیا..... ۹۱
تلسکوپ فضایی هابل..... ۹۱
تلسکوپ فضایی کپلر..... ۹۱
تلسکوپ اسپیتزر..... ۹۲
تلسکوپ جیمز وب..... ۹۲
۱۲-۶ معرفی رصد خانه های مهم دنیا..... ۹۳
رصد خانه پارانال..... ۹۳
رصدخانه ستاره شناسی آفریقای جنوبی..... ۹۴
رصد خانه روک دو لوس موچاچوس..... ۹۴
فصل سیزدهم:مهارت های رصدی..... ۹۵
۱۳-۱ پیدا کردن مکان مناسب برای رصد..... ۹۶
آلودگی نوری..... ۹۶
۱۳-۲ زمان مناسب..... ۹۶
۱۳-۳ نرم افزار رصدی..... ۹۷
۱۳-٤ ابزار رصدی..... ۹۷
فصل چهاردهم :جهت یابی..... ۹۸
مقدمه..... ۹۹
۱۴-۱ جهت یابی در روز..... ۹۹
جهت یابی با ساعت و خورشید..... ۹۹
جهت یابی با چوب و آفتاب(سایه)..... ۹۹
جهت یابی با مقطع درختان..... ۱۰۰
۱۴-۲ جهت یابی در شب..... ۱۰۰
جهت یابی با ستارگان صورت های فلکی..... ۱۰۰
جهت یابی با ستارگان خوشه پروین..... ۱۰۰
جهت یابی با ستارگان صورت فلکی عوا..... ۱۰۱
جهت یابی با ماه..... ۱۰۱

# فصل ۱




## مقدمه

## ۱-۱ سیر تاریخی نجوم

بشر از مدت‌ها پیش به آسمان نگاه می کرده است و به رمز و رازهای آن می‌اندیشیده است. میتوان در بقایای فرهنگ‌ها در سراسر جهان مانند اثر تاریخی استون هنج در انگلستان، ساختمان‌ها و دست نوشته‌هایی از مایا و... شواهد بسیاری از کوشش های طولانی بر سر فهم این رازها یافت. نگاه علمی ما به نشانه‌های جهان با فلسفه یونانیان آغاز شده است. اولین بار فیثاغورث (حدود ۵۵۰ سال پیش از میلاد) به واسطه مطالعاتش درباره فواصل موسیقی و هندسه زاویه قائمه، رابطه اساسی میان اعداد و طبیعت را نشان داد. یونانیان صدها سال برای مطالعه جهان از ریاضیاتی که فیثاغورث به کار می‌برد، استفاده می‌کردند. نظم جدید نجوم به شدت به فرمول بندی ریاضی نظریه های فیزیکی آن وابسته است و فرآیند هایی را که با یونانیان قدیم آغاز شد دنبال می‌کند.

یک ناظر دقیق در تحقیقات اولیه آسمان شب، به این حقیقت پی می‌برد که آسمان شب به طور پیوسته تغییر می‌کند. نه تنها ستارگان در طی یک شب به طور پیوسته از شرق به غرب حرکت می‌کنند بلکه بسته به فصل، در آسمان شب ستارگان متفاوتی قابل رؤیت می‌باشند. البته موقعیت و منظر ماه نیز در آسمان تغییر می‌کند. حرکات سیارات و ستارگان سرگردان از این هم پیچیده تر است.

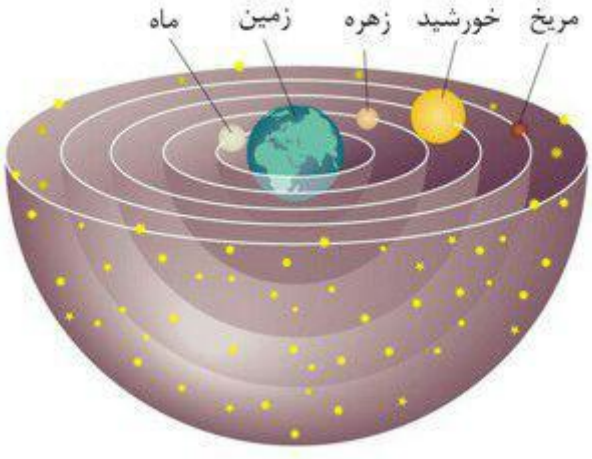
از این منظر تاریخ علم نجوم را می‌توان به سه دوره تقسیم کرد:

- دوره‌ی زمین مرکزی
- انقلاب کوپرنیکی
- دوره نجوم فرا کهکشانی یا کیهانی

در ادامه به شرح مختصری از هر کدام می پردازیم.

### دوره‌ی زمین مرکزی

افلاطون حدود ۳۵۰ سال قبل از میلاد، برای درک حرکات آسمان، به کار گرفتن مجموعه‌ای از فرضیه‌ها و نظریه‌های کاربردی را پیشنهاد داد. واضح است که ستارگان آسمان شب، حول یک زمین ثابت میگردند و آسمان بایستی از خاص‌ترین شکل ممکن حرکت تبعیت کند. بنابراین افلاطون پیشنهاد داد که اجسام سماوی باید حول زمین با سرعتی یکنواخت و بر روی دایره‌ای که زمین در مرکز این دایره است، حرکت کنند. بطلمیوس ستاره شناس یونانی از مهمترین طرفداران این نظریه بود(شکل ۱-۱).




شکل ۱-۱ تصویری از مدل زمین مرکزی بطلیموس

مشکل اساسی در جهان زمین مرکزی ، توصیف حرکات بازگشتی برخی از ستارگان و سیارات بود. سیاره‌ای مانند مریخ، به آهستگی از غرب به شرق بر خلاف ستارگان زمینه حرکت می‌کند و سپس به طور اسرارآمیزی جهت حرکت آن پیش از آنکه مسیر قبلی خود را کامل کند، معکوس می‌شود. به این نوع حرکت ، حرکت بازگشتی یا رجعی گفته می‌شود.

تلاش برای فهم حرکت بازگشتی، برای ۲۰۰۰ سال مشکل اصلی نجوم بود و نظریه‌های بسیاری برای توجیه و توصیف چنین حرکاتی ارائه شد و برخی از آنها موفقیت‌هایی هم در این زمینه داشتند. از جمله الگوی بطلیموسی که بر خلاف کاستی‌هایش به دلیل توضیحات صحیحی که از حرکت ستارگان سرگردان داشت به طور جهانی پذیرفته شد.

## انقلاب کوپرنیکی

می‌توان گفت که نجوم جدید با این دوره آغاز می‌شود. در قرن شانزدهم میلادی سادگی الگوی بطلیموس از دست رفت. منجم لهستانی نیکلاس کوپرنیک امیدوار بود نگاه علمی و پرباری از جهان را با کمترین دشواری ارائه دهد. در نتیجه الگوی خورشید مرکزی حرکت سیارات را پیشنهاد داد. وی نشان داد که زمین، نه تنها مرکز جهان نیست، بلکه فقط یکی از سیاراتی است که به دور خورشید می‌گردند.

شکل ۱-۲ نمایی ساده از مدل خورشید مرکزی کوپرنیک

**طبق نظریه خورشید مرکزی ، خورشید در مرکز منظومه شمسی قرار دارد و زمین به همراه سایر سیارات در مدار های دایره ای شکل به دور آن می چرخد.**

پس از مرگ کوپرنیک، تیکو براهه، سرشناس‌ترین ناظر با چشم غیر مسلح، حرکت ستارگان سرگردان و دیگر اجرام سماوی را با دقت دنبال می‌کرد. مشاهدات تیکو بسیار دقیق بود. او قادر بود موقعیت یک جسم را در آسمان با دقتی بیشتر از ۴ دقیقه، اندازه گیری کند. او به واسطه دقت مشاهدات خود، برای اولین بار نشان داد که دنباله‌دارها باید خیلی دورتر از ماه باشند. علاوه بر این تیکو، با مشاهده ابرنواختر ۱۵۷۲ نیز مورد تحسین قرار گرفت، که به وضوح نشان داد برخلاف اعتقاد کلیسا آسمان بدون تغییر نیست. با وجود دقت بالای کارهای او، تیکو قادر به یافتن هیچ مدرک روشنی از حرکت زمین در آسمان نشد و بنابراین نتیجه گرفت که الگوی کوپرنیک باید نادرست باشد.

یوهانس کپلر، ریاضیدان آلمانی، در تلاش برای کمک به تیکو برای یافتن الگوی مناسب‌تر، مدل خورشید مرکزی کوپرنیک در مورد منظومه شمسی را پذیرفت، اما درمورد شکل مدارهای دایره‌ای حرکت سیارات به دور خورشید به نظریه کوپرنیک نقد وارد کرد.

مطابق نظریه کپلر زمین و سایر سیارات منظومه شمسی در مدار های بیضی شکل به دور خورشید می‌چرخند. کپلر سه قانون مهم در این باره برای اولین بار در تاریخ علم نجوم ارائه کرد که در فصل بعد به تشریح این قوانین می‌پردازیم.

## اختراع تلسکوپ

شکل ۱-۳ نمایی از تلسکوپ گالیله

گالیله ستاره شناس و فیزیکدان ایتالیایی اولین کسی بود که تلسکوپ را برای مشاهده آسمان بکار گرفت (شکل ۱-۳). او نخستین کسی بود که چهار ماه یا قمر را در اطراف سیاره مشتری کشف و رصد کرد، که هم اکنون به قمرهای گالیله‌ای مشتری معروف می‌باشند و به اسامی گانیمید، کالیستو، اروپا و آیو نامگذاری شده‌اند.

پس از گالیله، نیوتن برای قوانین حاکم بر حرکت و گرانش در طبیعت روابط ریاضی وضع کرد. نیوتن از برهان‌های ریاضی پیرامون گرانش برای اثبات قوانین حرکت مداری کپلر استفاده کرد.

## دوره فراکهکشانی یا کیهانی

در حقیقت تا انتهای قرن نوزدهم میلادی، فیزیکدانان و منجمین معتقد بودند که تمام اصولی که بر جهان فیزیکی حکمفرماست، کشف شده‌اند و الگوی نیوتونی، اوج حماسه آفرینی علمی آن دوران بود. دوران طلایی فیزیک کلاسیک بالغ بر ۳۰۰ سال رو به گسترش بود. ساختار این الگو با مشاهدات زیرکانه گالیله و بینش دقیق نیوتن آغاز شد. معماری آن توسط دو ستون پایستگی انرژی و پایستگی تکانه پشتیبانی شد و با امواج الکترو مغناطیس ماکسول درخشان گردید. همه کشفیات بزرگ ظاهرا صورت گرفته بود و تنها کار باقیمانده برای مردان و زنان علم در اواخر قرن نوزدهم تکمیل جزییات بود.

با این حال با شروع قرن بیستم، بحران بوجود آمده به طور فزاینده‌ای آشکارشد. فیزیکدان‌ها قادر به پاسخگویی به ساده‌ترین سوالات در مورد نور نبودند. چه چیزی اندازه طیف پیوسته تابشی ستارگان و رنگ‌های گسسته را تعیین می‌کند؟ منجمین با اشاره بر گردآوری دانشی که ماورای فهم آنها بود سردرگم شده بودند. به یک فیزیکدان از مرتبه آلبرت انیشتین برای تغییر الگوی نیوتنی نیاز بود تا دو انقلاب در فیزیک به بار بیاورد. اول اینکه نگاه ما را درباره مفهوم فضا- زمان عوض کند و دیگر اینکه فهم ما را از مفاهیم بنیادی ماده و انرژی تغییر دهد. جهان بسیار منظم و دقیق عصر طلایی، خیال باطلی بیش نبود و با یک جهان تصادفی که قوانین احتمال و آمار بر آن حکمفرماست جایگزین شد.

آلبرت انیشتین با معرفی دو نظریه نسبیت خاص و نسبیت عام خود، جهان فیزیک و علم ستاره شناسی را متحول کرد. انیشتین وجود سیاه چاله ها ، ستاره های نوترونی و همچنین امواج گرانشی را مطابق نظریه نسبیت عام، پیش بینی کرده بود.

در این دوره آشکار شد کهکشان راه شیری که ستاره‌هایی مثل خورشید ما به آن تعلق دارد فقط یکی از کهکشان‌های جهان هستی است.

ادوین پاول هابل ستاره‌شناس مشهور آمریکایی نقش مهمی در تدوین اصول اولیه‌ی ستاره‌شناسی فراکهکشانی و مشاهده‌ای داشت. او معتقد بود محیط‌های ابر مانند که در آسمان شب دیده می‌شوند، کهکشان‌هایی دورتر از کهکشان راه شیری هستند .

ادوین هابل نظریه انبساط کیهانی را نیز ارائه نمود. نظریه‌ای که مطابق آن کهکشان‌ها در حال دور شدن از ما و از یکدیگر هستند و هر چه که آن‌ها دورتر باشند، با سرعت بیشتری حرکت می‌کنند(اصل هابل). با وارد شدن این اصل به علم نجوم، علم کیهان شناسی وارد مرحله جدیدی به لحاظ تاریخی گردید.

از دیگر نظریه هایی که به توصیف کیهان کمک به سزایی داشته است میتوان به نظریه مه بانگ اشاره کرد.

نظریه بیگ بنگ یا انفجار بزرگ(به فارسی مه بانگ)، مدلی کیهان شناختی و نسبتا کامل را در توضیح ایجاد و تکامل جهان ارائه می‌کند.

**بر اساس نظریه بیگ بنگ، جهان از نقطه‌ای تکین(نقطه‌ای که در آن قوانین فیزیک تعریف نشده‌اند) و فوق العاده داغ و چگال تشکیل شده است و سپس انبساطی پیوسته را به همراه کاهش دما و چگالی تجربه کرده است.**

**فعالیت**

**برای درک بهتر انبساط جهان یک بادکنک خالی از باد را در نظر بگیرید و روی آن نقاطی را رسم کرده و سپس بادکنک را باد کنید مشاهده می‌کنید که هر چه حجم بادکنک بیش‌تر شود، فاصله نقاط از یکدیگر افزایش می‌یابد. این آزمایش مفهومِ جهان در حال انبساط را می‌تواند به خوبی نشان دهد.**

## ۱-۲ مشارکت نجوم مدرن در جامعه امروز

پروژه های علم نجوم بخصوص نجوم مدرن معمولا هزینه‌های زیادی به کشورها و موسسات علمی - پژوهشی تحمیل می‌کنند. برای مثال پروژه ارسال تلسکوپ فضایی جیمز وب به مدار زمین ۸/۸ میلیارد دلار هزینه خواهد داشت. سوالی که می‌تواند مطرح باشد این است که آیا صرف این همه هزینه دست آوردهای رفاهی و اقتصادی برای بشر به همراه داشته است؟

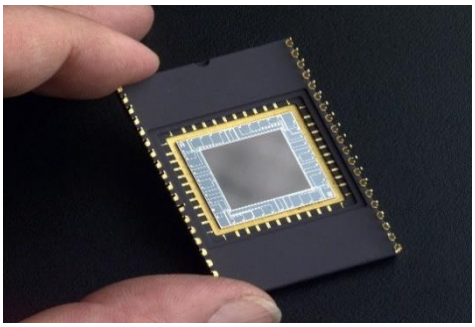
پیشرفت‌های اخترشناسی تاثیرزیادی در پیشرفت صنعت، صنعت هوافضا، انرژی، پزشکی، همکاری‌های بین‌المللی و زندگی روزمره بشر داشته است و می‌تواند داشته باشد. نمونه‌هایی از تاثیر نجوم مدرن در زندگی انسان بصورت خلاصه در زیر ارائه می‌شود.

۱. حسگر هایی به نام CCD، اولین بار برای استفاده در اخترشناسی توسعه داده شدند و در تصویربرداری‌های نجومی بسیار کارآمد هستند. امروزه در اغلب دوربین‌های عکاسی، دوربین‌های فیلم‌برداری و گوشی‌های تلفن همراه از آنها استفاده می‌شود (شکل۱-۴).

۲. زبان برنامه‌نویسی Forth که در اصل برای استفاده تلسکوپ ۱۲متری نصب شده در رصدخانه کیت پیک استفاده شد، امروزه توسط شرکت FedEx برای ردیابی بسته‌های پستی استفاده می‌شود.

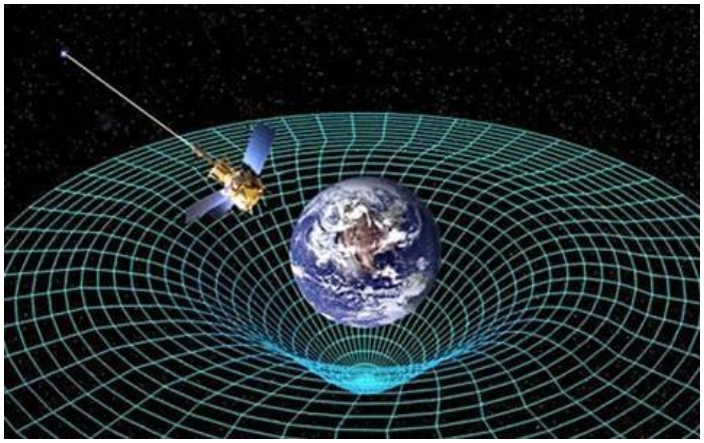
۳. فیلم‌های عکاسی Kodak در اصل توسط اخترشناسانی اختراع شدند که به مطالعه خورشید می‌پرداختند، اما به طور گسترده‌ای توسط صنایع ، پزشکی، عکاسان و هنرمندان مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱–۵).

٤. ماهواره‌های سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) برای آنکه بتوانند موقعیت دقیق را تعیین کنند، بر موقعیت اجرام نجومی (اختروش‌ها و کهکشان‌های دوردست) متکی هستند( شکل۱–۶).



شکل ۱-۴ نمونه ای از CCD های مورد استفاده در دوربین های عکاسی و تلفنهای همراه

شکل ۱-۵ نمونه ای از فیلم های کداک اولیه



شکل ۱-۶ تصویری شماتیک از ارتباط سامانه Gps و نجوم

۵. اخترشناسان تلاش می‌کنند تا اجرام به شدت کم نور را مشاهده کنند، پزشکان نیز تلاش دارند چیزهایی را ببینند که توسط اندام‌های بدن محو شده‌اند. به همین دلیل بسیاری از پیشرفت‌های اخترشناسی به نوعی دیگر در پزشکی مورد استفاده هستند؛ از جمله:

ترکیب دیافراگمی یا تداخل‌سنجی، تکنیکی است که در آن داده‌های به دست آمده از چندین تلسکوپ مختلف برای خلق یک تصویر واحد استفاده می‌شود؛ گویی تصویر نهایی توسط تلسکوپی به اندازه تمام مجموعه گرفته شده است. این تکنیک که نخستین بار توسط رادیو اخترشناسان مورد استفاده قرار گرفت، امروزه در ابزارهای تصویربرداری پزشکی مختلف، مانند دستگاه‌های سی.تی اسکن و ام.آر.ای استفاده می‌شود.

ساخت تلسکوپ‌های فضایی نیازمند محیطی فوق‌العاده تمیز است تا از تار شدن آینه‌ها یا سایر تجهیزات توسط ذرات غبار اجتناب شود. روش‌ها و ابزارهای مشابهی اکنون در بیمارستان‌ها و آزمایشگاه‌های داروسازی استفاده می‌شود.

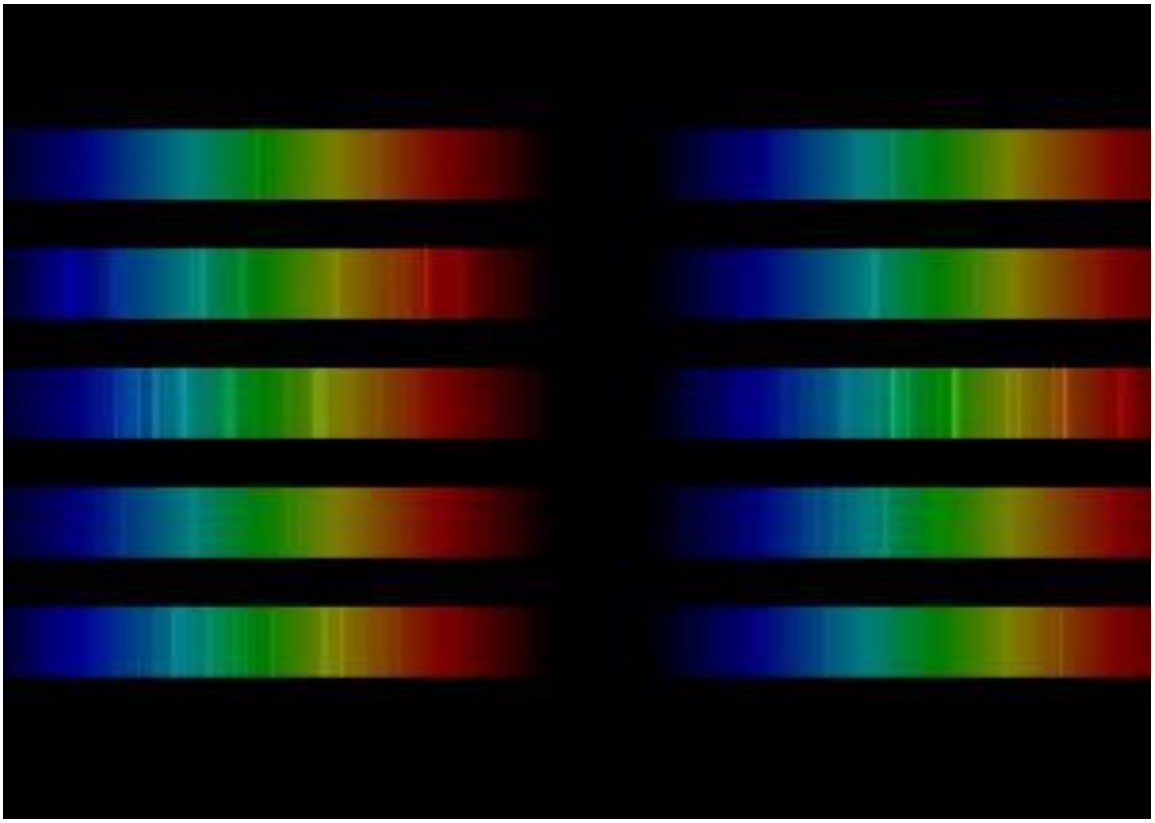
٦. فناوری‌های به دست آمده از عکس‌برداری پرتو ایکس نجومی اکنون برای پایش همجوشی هسته‌ای (پدیده‌ای که در آن دو هسته اتم سبک با هم پیوند داده و هسته سنگین‌تری شکل می‌دهند، که با آزاد شدن انرژی همراه است) استفاده می‌شود که شاید راه‌حل نهایی دستیابی به منبع انرژی پاک باشد.

٧. فرودگاه‌ها از فناوری‌های پیشرفته طراحی شده برای کارهای اخترشناسی استفاده می‌کنند. فناوری رصدخانه‌های پرتو ایکس در بررسی چمدان‌های مسافران استفاده می‌شود.

٨. رنگ‌نگار گازی (کروماتوگرافی) ابزاری بود که در ابتدا برای ماموریت‌های مریخ طراحی و ساخته شد، اما امروزه برای بررسی بسته‌های انفجاری استفاده می‌شود

شکل ١-٨ دستگاه کروماتوگرافی گازی

فصل ۲



# مفاهیم کاربردی در نجوم

## ۲ – ۱ واحد های اندازه‌گیری در نجوم

تا به حال به بزرگی فاصله های اجرام کیهانی فکر کرده اید؟ تا به حال تصور کرده اید 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 می شود؟

بنابراین ما به واحد های اندازه گیری متفاوتی برای بیان فاصله های نجومی احتیاج داریم. در این بخش به چند نمونه از واحدهایی که کاربرد بیشتری دارند اشاره خواهیم کرد.

### درجه

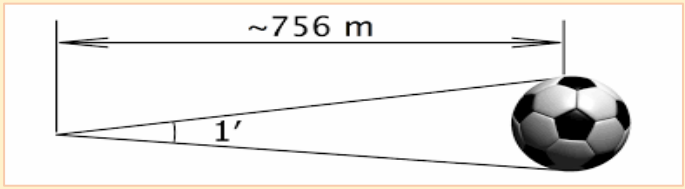
همان طور که در سال‌های گذشته آشنا شدید، اندازه زاویه‌ها را با درجه بیان می‌کنیم. همچنین برای بیان موقعیت ستارگان و سیارات از واحدهایی مانند درجه استفاده می‌کنیم . این زاویه‌ها ممکن است نشان دهنده زاویه بین ستاره تا خط استوا و یا خط افق یا جهت شمال باشد.

### دقیقه کمانی (دقیقه قوسی)

ستاره شناسان برای بیان اندازه‌های کوچکتر از یک درجه از واحد دقیقه کمانی استفاده می‌کنند. دقیقه کمانی برابر با $\frac{۱}{۶۰}$ یک درجه است. یعنی اگر یک درجه را به ۶۰ قسمت تقسیم کنید هر یک از این قسمت های کوچک معادل یک دقیقه کمانی است.

**توجه:**

**همان طور که می‌دانید هر چه طول ضلع های یک زاویه را بلند تر رسم کنیم ،گشودگی دهانه زاویه بیشتر به نظر می‌رسد. حال اگر بخواهیم کوچکی زاویه یک دقیقه کمانی را تصور کنیم ، می‌توان توپ فوتبالی که در فاصله بسیار دور( حدود ۷۵۶ متر) قرا دارد را در نظر بگیرید. چنین توپی را در این فاصله به سختی می‌توان مشاهده کرد.زاویه ای که از این فاصله توپ را درون خود جای می‌دهد ،معادل یک دقیقه کمانی است!**




ستاره شناسان با روش‌هایی مشابه مثال بالاو باکمک قوانین ریاضی ، قطر و فاصله ستارگان دوردست را بدست می‌آورند.

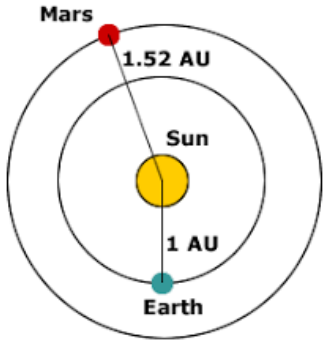
### ثانیه کمانی(ثانیه قوسی)

اگر هر دقیقه کمانی(۱′) را به۶۰ قسمت تقسیم کنیم هر قسمت معادل یک ثانیه کمانی (۱″) خواهد بود. یعنی یک ثانیه کمانی معادل $\frac{۱}{۳۶۰۰}$ درجه است.

## واحد نجومی[1] (AU)

یکی از واحدهایی که معمولا برای بیان فاصله‌های بین سیارات تا خورشید بکار می‌رود واحد نجومی است. میانگین فاصله زمین تا خورشید را واحد نجومی می‌نامند که با AU نمایش داده می‌شود. یک AU معادل ۱۵۰میلیون 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. و یا فاصله زهره تا خورشید را به صورت ۰/۷ AU بیان می‌کنیم.




۲-۱ فاصله زمین تا خورشید بر حسب AU

**فعالیت**

**پروکسیما قنطورس نزدیک ترین ستاره به خورشید است. تحقیق کنید فاصله این ستاره تا منظومه شمسی چقدر است؟**

**کهکشان آندرومدا نزدیکترین و تنها کهکشانی است که با چشم غیر مسلح ودر شرایط خاص می‌توان آن را به سختی مشاهده کرد. تحقیق کنید فاصله این کهکشان تا زمین چقدر است؟**

## سال نوری

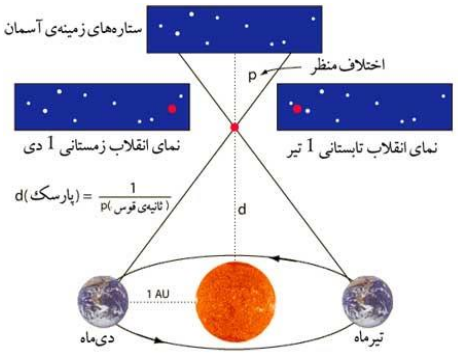
۲-۲ فاصله کهکشان آندرومدا تا زمین برابر با ۲/۵ سال نوری است

برای بیان فاصله های بین ستاره ای از واحد هایی مانند سال نوری استفاده می‌شود. سال نوری واحدی است که مقدار مسافت را بیان می‌کند و نشان دهنده زمان نیست.

یک سال نوری ، مقدار مسافتی است که نور در مدت یک سال طی می‌کند. عده ای از شما این مقدار را در درس فیزیک دهم (تجربی و ریاضی) محاسبه کرده اید و به بزرگی این مقدار پی برده اید. یکسال نوری معادل $۹\times۱۰^{۱۵}$ متر است. سال نوری را با نماد Ly[2] نشان می‌دهیم.

درخشان‌ترین ستاره ای که در آسمان مشاهده می‌کنید، ستاره شباهنگ (شعرای یمانی)[3] است که در فاصله ۸/۶ سال نوری از ما قرار دارد. این ستاره یکی از نزدیکترین ستاره ها به منظومه شمسی است ولی با این وجود نوری که از آن ساطع می‌شود ۸/۶ سال بعد به زمین می‌رسد!

## اختلاف منظر




۲-۳ 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 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

---

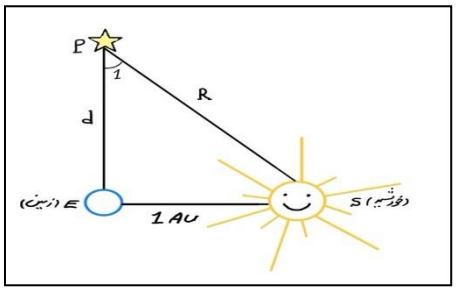
[1] Astronomical Unit.
[2] Light year.
[3] sirius

دور باشد، موقعیت جسم نزدیک را در دو حالت گفته شده، متفاوت خواهید دید در حقیقت شما با این آزمایش ساده اختلاف منظر را تجربه کرده‌اید .

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 Pc نشان می‌دهند.




شکل ۲-۴ پارسک

## ۲-۲ آشنایی با مفاهیم فیزیک

در این بخش سعی می‌کنیم تا با مفاهیم و تعاریفی که در فصل های بعدی کتاب مورد استفاده قرار می‌گیرد به طور خلاصه آشنا شویم.

## ماهیت نور

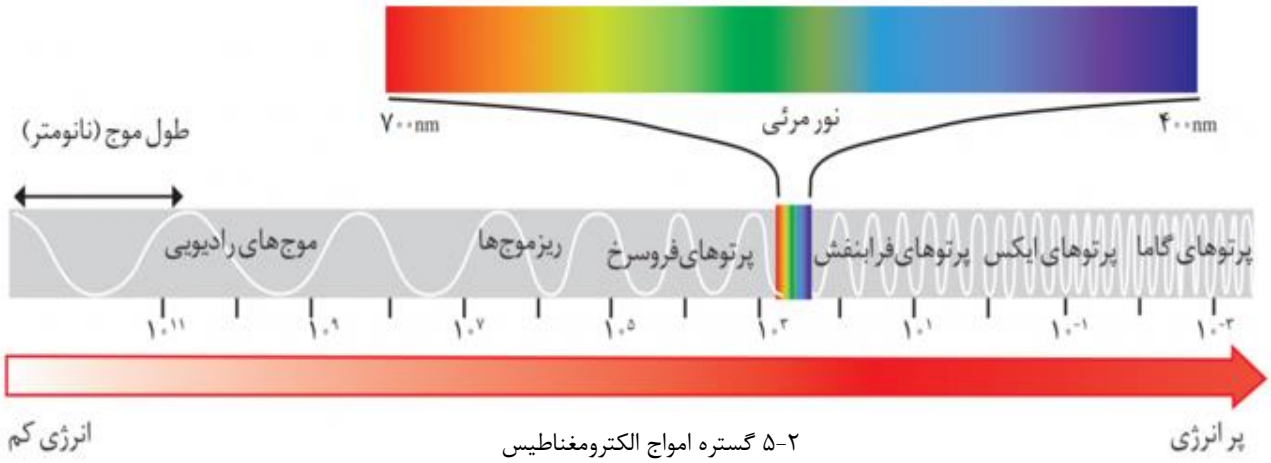
به بیان ساده می‌توان نور را نوعی موج الکترومغناطیسی دانست که همراه با خود انرژی را جابجا می‌کند.

نور برای انتقال از نقطه‌ای به نقطه دیگر نیاز به ماده یا هوا ندارد و در خلاء به راحتی سیر می‌کند. بنابر این نور به راحتی در فضاهای بین ستاره ای می‌تواند جابجا شود. میزان انرژی که نور با خود حمل می‌کند به رنگ نور بستگی دارد . به عبارتی نورهای بنفش و آبی پر انرژی‌تر از نور نارنجی و یا قرمز هستند. رنگ های مختلف نور طول موج‌های متفاوتی نیز دارند. ولی رنگ‌های مختلف نور از هر رنگ و نوعی که باشند و از هر منبعی که خارج شده باشند ، در چند ویژگی مشترک هستند:

- نور به صورت مستقیم حرکت می‌کند.
- برای حرکت نیاز به ماده ندارد .
- سرعت نور در خلا همیشه ثابت و برابر با $۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$ است.

## تابش الکترومغناطیس

ما تنها قسمت کوچکی از امواجی را که ستارگان منتشر می‌کنند، می‌بینیم. در حقیقت ستارگان گستره بیشتری از امواج الکترومغناطیس را از خود ساطع می‌کنند. بخش کوچکی از این امواج الکترومغناطیس ، قابل مشاهده است که به آن نور می‌گوییم. امواج الکترومغناطیس ساطع شده از ستارگان را بر اساس انرژی و طول موجشان دسته بندی می‌کنند. همه این امواج ویژگی‌هایی را که برای نور در بالا ذکر شد، دارا هستند.



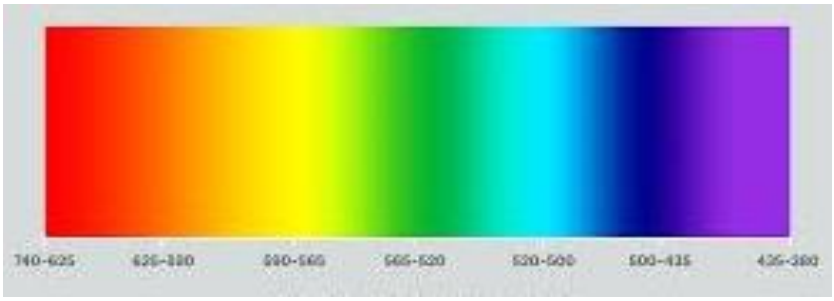

۲-۵ گستره امواج الکترومغناطیس

**امواج الکنرومغناطیس شامل : امواج رادیویی، ریز موج ها، فروسرخ، نور مرئی، فرابنفش، ایکس و گاما می‌شود.**

جو زمین مانع ورود قسمتی از این امواج به سطح زمین می‌شود ، به همین دلیل گاهی برای مطالعات دقیق تر ستارگان از تلسکوپ‌هایی در مدارهای بالایی جو استفاده می‌شود.

## طیف ستارگان

اگر نور مرئی یا هر بخش از امواج الکترومغناطیس به وسیله منشور تجزیه شود گستره‌ای از انواع طول موج ها بدست می‌آید، که به آن طیف می‌گویند.



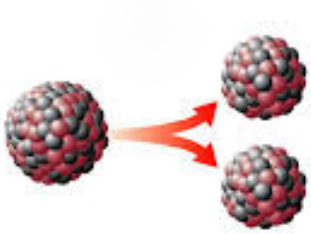

شکل ۲-۶ طیف کاملی از نور مرئی

## انرژی هسته‌ای

منشاء تمام انرژی‌ها و امواج ساطع شده از ستاره اتفاقاتی است که در هسته عناصر رخ می‌دهد. به عبارتی منبع انرژی کیهان انرژی هسته‌ای است. فعل و انفعالات هسته‌ای را می‌توان به دو دسته شکافت هسته‌ای و همجوشی هسته‌ای تقسیم کرد.

### شکافت هسته‌ای

وقتی هسته یک نوع اتم سنگین مانند اورانیوم شکسته شود و به دو هسته سبک تر 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 ۲-۷ شکافت هسته ای

شکل ۲-۸ تصویری از راکتور همجوشی هسته ای

## همجوشی هسته‌ای

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

این انرژی عظیم در اثر همجوشی هسته‌ای بین اتم های هیدروژن رخ می‌دهد. وقتی هسته‌ی دو اتم نسبتا سبک با یکدیگر ترکیب شوند و یک هسته سنگین‌تر را تشگیل دهند، می‌گوییم همجوشی هسته‌ای رخ داده است. در این حالت انرژی بسیار زیادی آزاد می‌شود (مانند تبدیل هسته دو اتم هیدروژن به هلیوم).

**فراهم کردن شرایط همجوشی در آزمایشگاه‌های زمینی بسیار دشوار است و معدود کشورهایی هستند که برای همجوشی هسته ای سرمایه‌گذاری کرده‌اند.**

شکل ۲-۹ انرژی تولیدی در خورشید حاصل ازهمجوشی هسته ای است

شکل ۲-۱۰ همجوشی هسته ای

## نیروی گرانش

همان طور که می‌دانید نیروی گرانش نقش مهم و اساسی در گردش سیارات به دور خورشید، ماه به دور زمین، ستاره ها به دور مرکز کهکشان و ... دارد. تصور کنید اگر نیروی گرانش بین اجرام آسمانی برقرار نبود ، همه ستاره ها و سیارات از هم می‌پاشید و هر جزئی به یک قسمت از فضا حرکت می‌کرد و در نتیجه برخوردهای زیادی بین اجرام آسمانی رخ می‌داد.

**به طور کلی هر دو جسمی که جرم دارند بر یکدیگر نیروی گرانش وارد می‌کنند. حال هر چه جرم ها بیشتر باشد نیروی گرانش قوی‌تر خواهد بود و یا هر چه فاصله اجسام کمتر باشد نیروی گرانش بیشتری بین آنها برقرار خواهد بود.**

جرم‌های بسیار زیاد مانند سیاه چاله‌ها نیروی گرانشی بیشتر از حد تصور ایجاد می‌کنند به طوری که قوانین فیزیک در نزدیکی این اجرام برقرار نیست. با توجه به پیچیدگی بحث ، در این کتاب بیش از این وارد جزئیات نمی‌شویم.

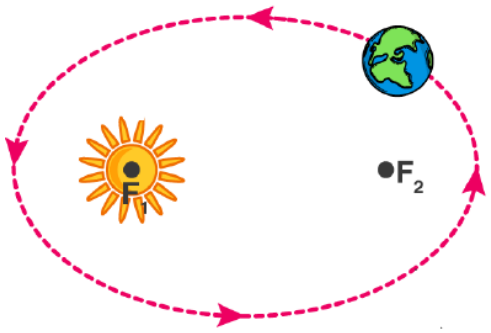
شکل ۲-۱۱ نیروی گرانش

## قوانین کپلر

یوهانس کپلر با بیان سه قانون درمورد گردش سیارات تحول عظیمی در علم نجوم ایجاد کرد .

### قانون اول کپلر

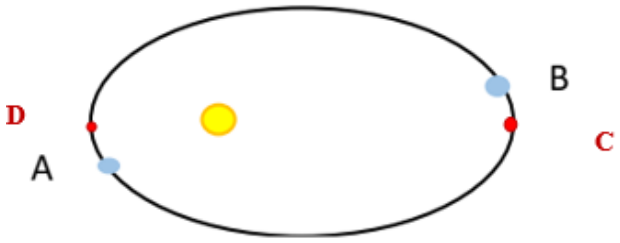
مدار سیارات به شکل بیضی است و خورشید در یکی از مرکز های بیضی قرار دارد.




شکل ۲-۱۲ مسیر حرکت سیاره به دور خورشید

### قانون دوم کپلر

سیاره هر چه در مسیر خود به خورشید نزدیکتر باشد ، سرعت حرکتش بیشتر می‌شود و هر چه دور تر باشد سرعت حرکت کمتر است. با توجه به نقاط رسم شده در شکل بالا ، وقتی سیاره در نقطه ای مانند A حرکت می‌کند سرعت بیشتری نسبت به هنگامی دارد که در نقطه B حرکت می‌کند.




شکل ۲-۱۳ مقایسه سرعت زمین به دور خورشید در مقایسه با فاصله اش تا خورشید

نقطه‌ای که سیاره نزدیکترین فاصله تا خورشید را دارد نقطه حضیض می‌نامند. (نقطه D شکل ۲-۱۴)

و نقطه ای که سیاره دورترین فاصله تا خورشید را دارد نقطه اوج می‌نامند. (نقطه C شکل ۲-۱۴)

## قانون سوم کپلر

مدت زمانی که سیاره یک دور کامل به دور خورشید می‌گردد را دوره تناوب می‌نامند و با T نمایش می‌دهند. بین دوره تناوب حرکت سیاره و میانگین فاصله سیاره تا خورشید رابطه ای بر قرار است.

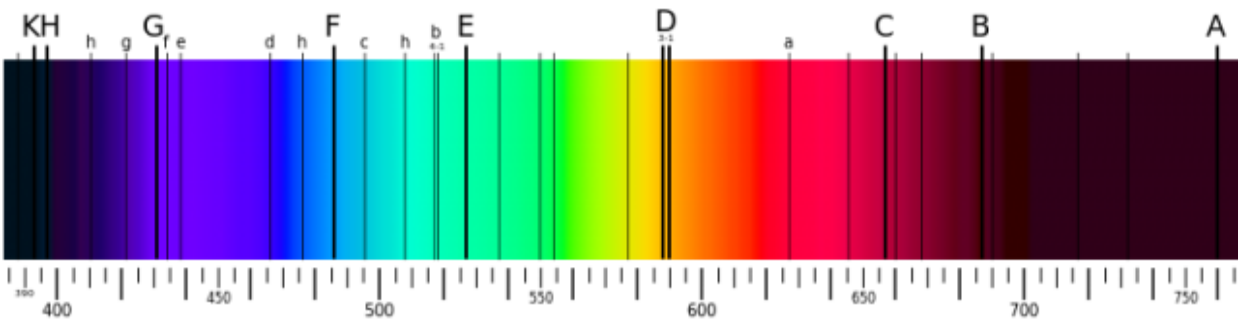
بنا به قانون سوم کپلر مربع دوره تناوب‌های دو سیاره به دور خورشید متناسب است با مکعب فواصل متوسط آنها از خورشید.

به عبارتی: $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$

با کمک رابطه بالا فاصله ی تک تک سیارات تا خورشید بدست می‌آید. همچنین می‌توان محاسبه کرد که یک سال سیاره چه مدت طول می‌کشد.

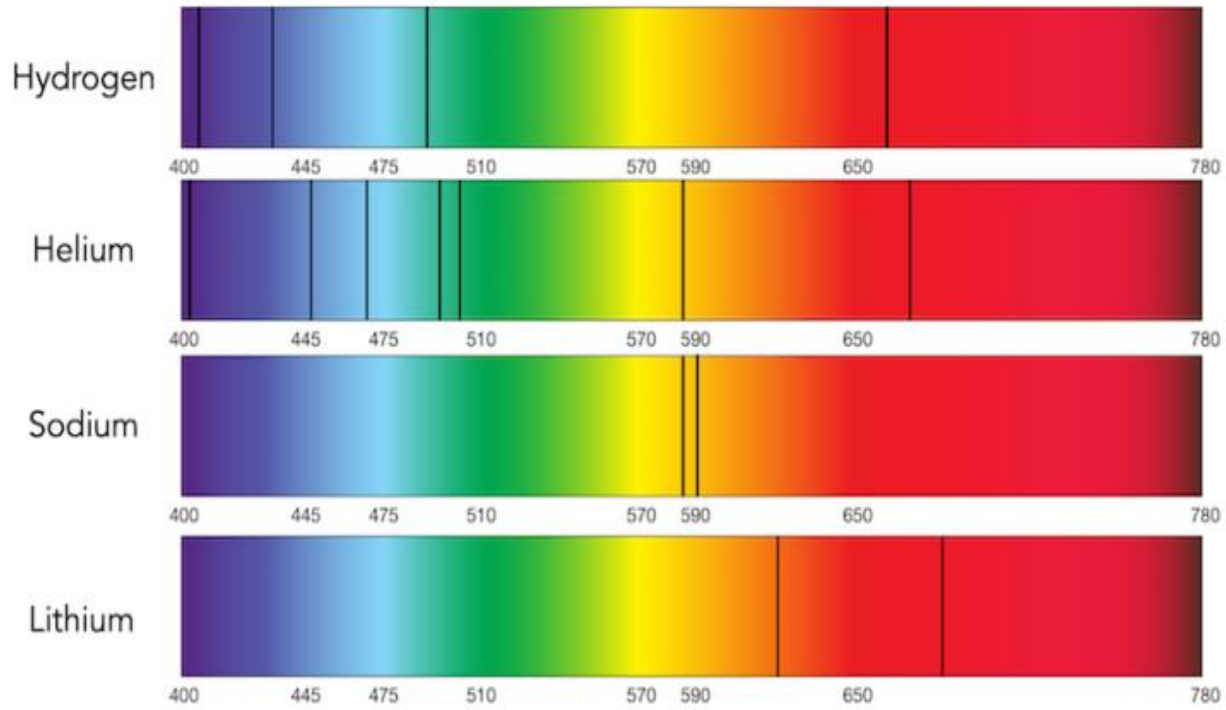
## ۲-۳ استفاده از طیف سنجی در بدست آوردن داده های فیزیکی مانند دما و ترکیب شیمیایی

لایه‌های جو هر ستاره از گازهایی تشکیل شده که وقتی امواج الکترومغناطیس تولید شده از ستاره قصد خروج از جو را دارند، هر کدام از گاز ها قسمت‌هایی از این امواج را جذب می‌کنند. بنابراین طیفی که از ستارگان دریافت می‌کنیم ؛ یک طیف کامل نیست. از همین خاصیت می‌توان به عناصر تشکیل دهنده هر ستاره پی برد.




شکل ۲-۱۴ طیف جذبی بدست آمده از یک ستاره

با استفاده از طیف بدست آمده از ستاره می‌توان به گازهای تشکیل دهنده جو ستاره ، دمای ستاره و یا سرعت حرکت ستاره پی برد. در تصویر زیر طیف چند نوع گاز نشان داده شده است. از تطبیق خطوط تیره‌ی طیف ستارگان با خطوط تیره‌ی طیف جذبی عناصر مختلف به این مطلب پی می‌برند که در ستاره چه نوع عنصری وجود دارد.



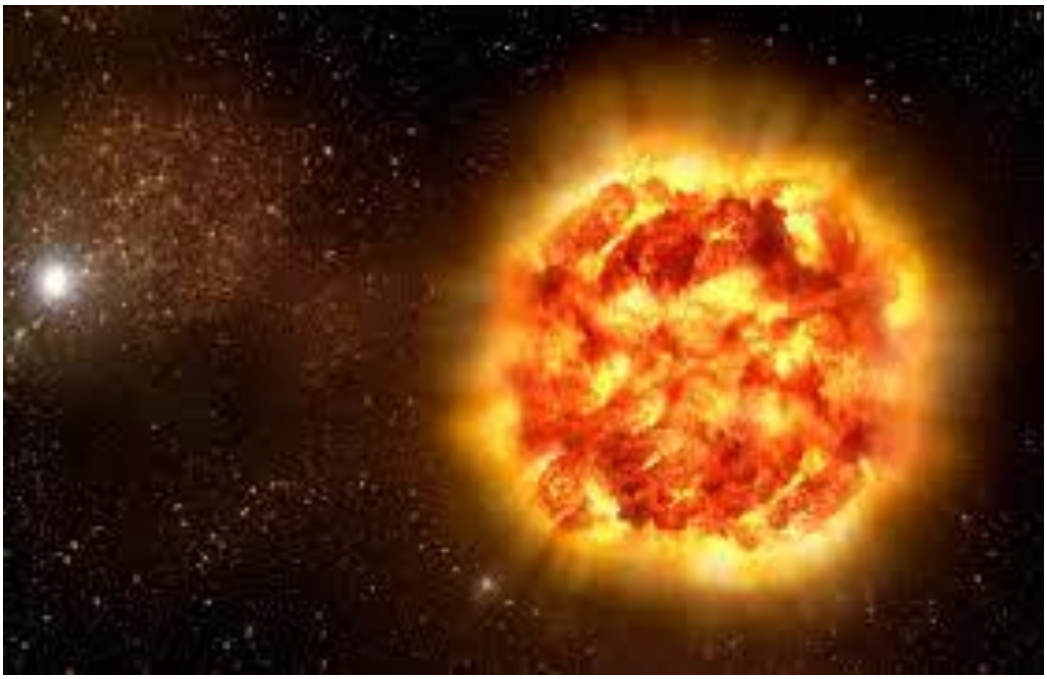

شکل ۲- ۱۶ طیف جذبی چند عنصر

همچنین با بررسی طول موج های رسیده از ستاره می‌توان دانست که این ستاره در حال نزدیک شدن به زمین است و یا دور شدن از زمین.

ستاره شناسان، ستاره ها را از نظر دما و اندازه دسته بندی کرده اند. رنگ ستاره ها به میزان داغی و حرارت ستاره بستگی دارد .هر چه ستاره داغ تر باشد پرنورتر خواهد بود. و انرژی و طول موج طیف آن متفاوت 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.

فصل ۳



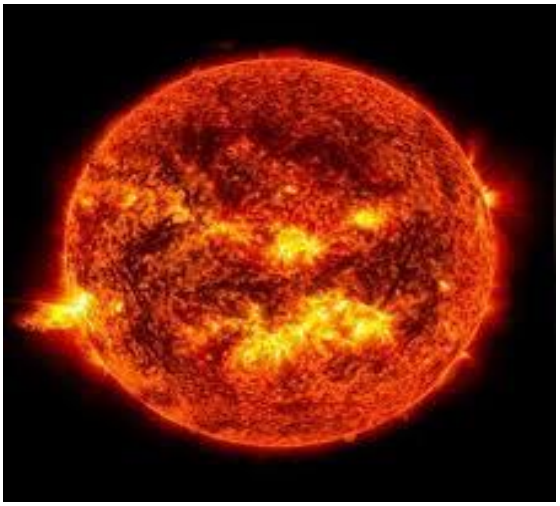
# اجزای تشکیل دهنده کیهان

## کیهان چیست؟

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.

### ۳-۱ ستاره



شکل ۳- ۱: تصویر خورشید

ستاره گوی عظیمی از گازهای بسیار داغ است. 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.

### ۳-۲ سحابی

شکل ۳- ۲ : تصویر سحابی

ابری از گاز و گرد و غبار که در فضای بین ستاره‌ها ایجاد می‌شود به عنوان سحابی شناخته می‌شود. بنابراین یک سحابی از محیط بین ستاره‌ای تشکیل شده است. برخی از سحابی‌ها محل تشکیل ستاره‌های جدید هستند و ستاره‌های در حال مرگ نیز سحابی ایجاد می‌کنند. خورشید تقریباً ۴/۵ میلیارد سال پیش در داخل یک سحابی که از ابرنواختر تولید شده، تشکیل شده‌است. در کهکشان مارپیچی مانند کهکشان راه شیری ، سحابی‌ها حدود ۳ تا ۵ درصد از جرم کهکشان را تشکیل می‌دهند.

سحابی ها از نظر ظاهری بسیار متفاوت هستند و این تفاوت‌ها نه تنها به دما و تراکم مواد درون 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.

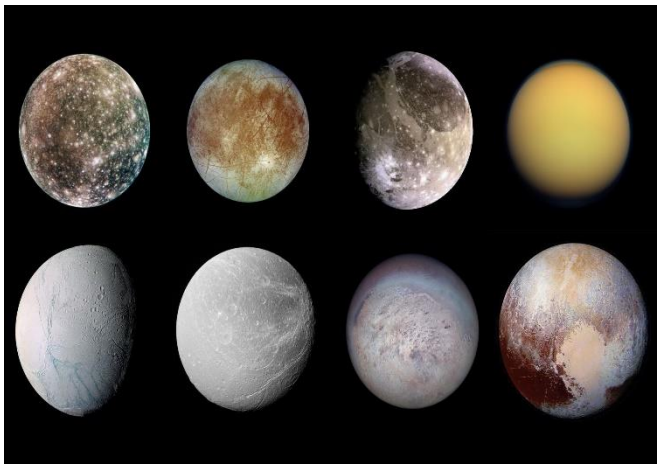
**از نظر درخشندگی، دو نوع سحابی داریم:**

- **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 طیف نور ستارگان پس زمینه را جذب کرده و اجازه نمی‌دهد تا به بیرون ازسحابی نشر شود.**

## ۳-۳ سیارات

سیاره یک جسم نجومی است که به دور یک ستاره یا بقایای ستاره‌ای می چرخد و به اندازه کافی جرم دارد تا بتواند توسط جاذبه خود به شکل کره درآید ولی آنقدر بزرگ نیست که باعث همجوشی هسته‌ای شود.

سیارات از خود نوری ندارند . هر سیاره ممکن است دارای یک یا چند قمر باشد. سیاره ممکن است خاکی، سنگی و یا گازی باشد. در منظومه شمسی چهار سیاره عطارد، زهره، زمین و مریخ خاکی هستند اما چهار سیاره دیگر از توده‌های گازی تشکیل شده‌اند



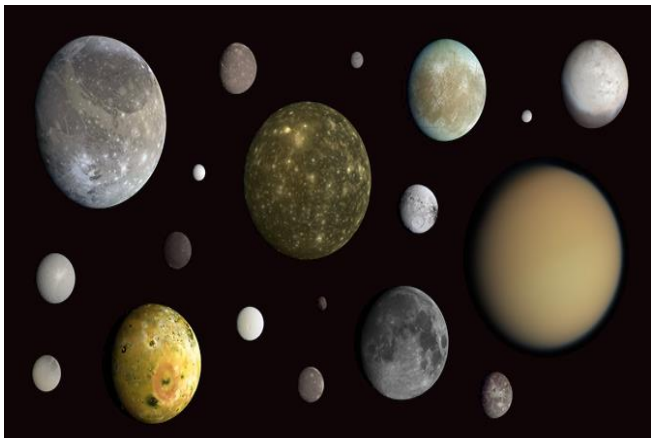
شکل ۳- ۳ تصویر سیارات

## ۳-۴ قمرها

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 مانند: ماه، دیموس، فوبوس، پنج قمر مشتری، هشت قمر زحل و پنج قمر اورانوس مدار دایره‌ای شکل دارند.

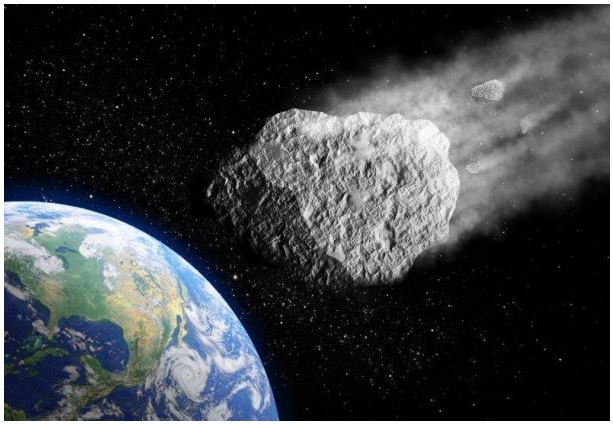


شکل ۳- ۴ تصویر برخی اقمار منظومه شمسی

**تحقیق کنید:**

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

## ۳-۵ سیارک‌ها



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؟**

## ۳-۶ دنباله‌دارها

شکل ۳- ۶ دنباله‌دار

دنباله‌دارها زیباترین و تماشایی ترین اجرام آسمانی هستند. یک دنباله‌دار 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:**

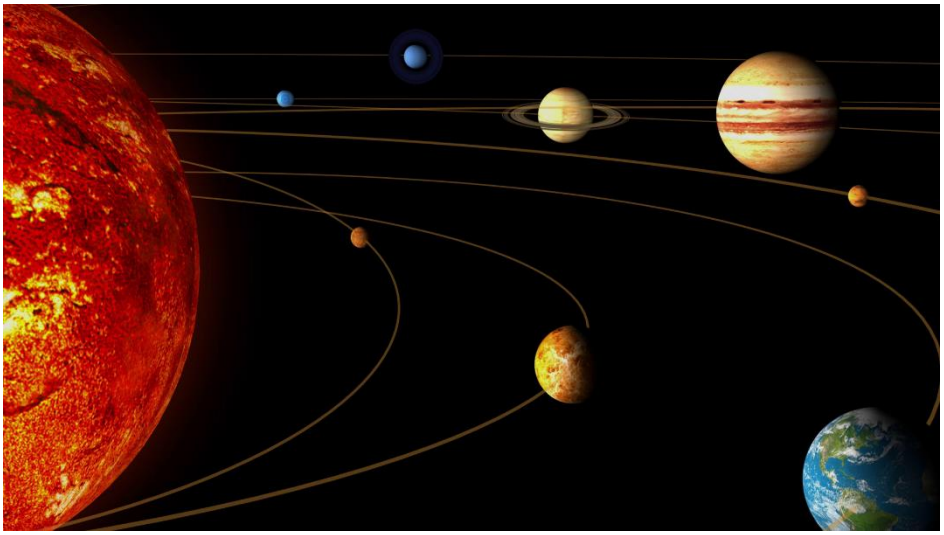
**دنباله دارها چگونه حرکت می کنند؟**

## ۳-۷ کهکشانها

شکل ۳- ۷ کهکشان

کهکشان، مجموعه عظیمی از گاز، گرد و غبار و میلیاردها ستاره و منظومه‌ی شمسی آنها است .کهکشان توسط جاذبه نگه داشته شده است .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 ۴



# خورشید و سیارت منظومه شمسی

## ۴-۱ خورشید

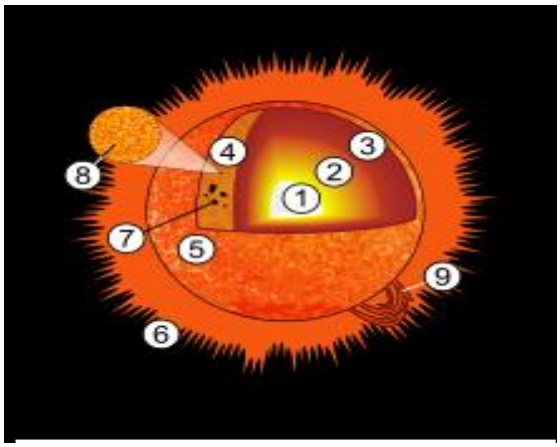
خورشید، قلب منظومه شمسی یک ستاره کوتوله زرد و یک توپ داغ از گازهای درخشان است. خورشید بزرگترین جسم در منظومه شمسی است . این ستاره که سرچشمه اصلی نور، انرژی، گرما و زندگی بر روی زمین است، قطری نزدیک به ۱٬۳۹۲٬۰۰۰ کیلومتر دارد. در منظومه شمسی بیشترین جرم و حجم از آن خورشید است. قطر خورشید نزدیک به ۱۰۹ برابر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

جرم عظیم خورشید با نیروی جاذبه 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 ، اتم های هیدروژن با یکدیگر ترکیب می‌شوند و هلیم می‌سازند.

**انرژی تولید شده در هسته، تمام گرما و طیف 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 این لایه‌ها می‌پردازیم.




شکل ۴- ۱ نمای کلی از ساختار درونی خورشید

### ۱-هسته خورشید

از مرکز خورشید تا فاصله‌ای نزدیک به ۲۰ تا ۲۵ درصد شعاع خورشید به عنوان هسته‌ی خورشید در نظر گرفته شده است. چگالی هسته ۱۵۰ برابر چگالی آب، برآورد شده و دمای آن هم نزدیک به ۱۵/۷ میلیون کلوین بدست آمده است، این در حالی است که دمای سطح نزدیک به ۵٬۸۰۰ کلوین است. در بیشتر عمر خورشید، همجوشی هسته‌ای از راه زنجیره (پروتون–پروتون) و در نتیجه تبدیل هیدروژن به هلیوم فراهم کننده انرژی خورشید بوده است. هسته تنها ناحیه در خورشید است که بخش بزرگی از انرژی گرمایی آن از طریق همجوشی هسته‌ای فراهم می‌شود.

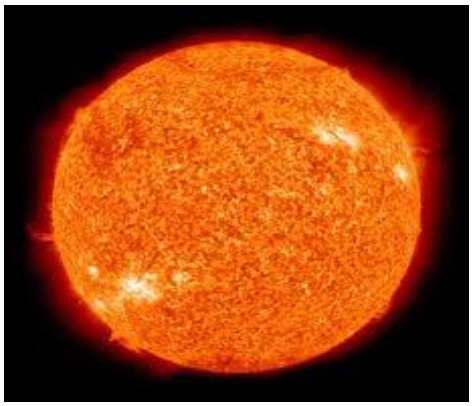
### ۲-ناحیه تابشی

در ناحیه‌ی نزدیک به ۰/۷ شعاع خورشید یا پایین‌تر، مواد خورشیدی به اندازه‌ای گرم و چگال‌اند که می‌توانند گرمای زیاد هسته را از راه تابش گرمایی به بیرون بتابانند. در این ناحیه رفتار همرفتی دیده نمی‌شود. در این محدوده ، دمای پلاسما از ۱۵ میلیون کلوین نزدیک هسته به ۱/۵ میلیون کلوین در پایه ناحیه همرفت کاهش می‌یابد.

## ۳-ناحیه همرفتی

در لایه بیرونی خورشید، یعنی از سطح آن تا عمق نزدیک به ۲۰۰٬۰۰۰ کیلومتری (یا ۷۰٪ شعاع خورشید) پلاسمای خورشید به اندازه ی کافی چگال یا داغ نیست تا بتواند انرژی گرمایی لایه‌های درونی را از راه تابش به بیرون برساند. به عبارت دیگر به جای ناحیه‌ای تابنده، ناحیه‌ای کدر است. در نتیجه انرژی گرمایی از راه همرفت و ستون‌های داغ جابجا می‌شود و به سطح خورشید می‌رسد.

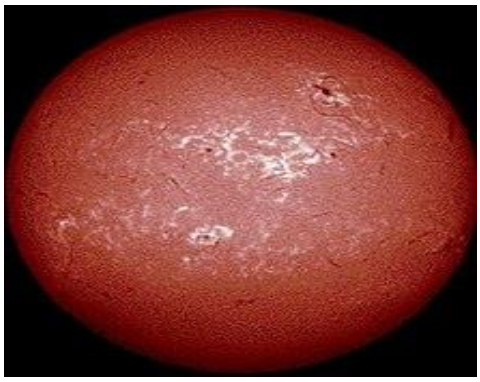
## ۴-شید سپهر(فوتوسفر)



شکل ۴-۲: 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 ۴-۲ نمایی از شیدسپهر را نشان می‌دهد.

## ۵- فام سپهر (کروموسفر)



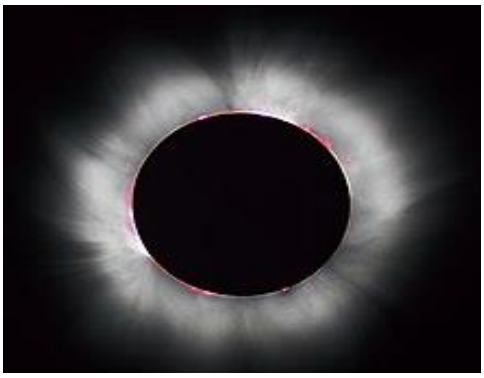
شکل ۴-۳ عکس فام‌سپهر خورشید با فیلتر پرتو آلفا-هیدروژن

فام‌سپهر یا رنگین سپهر 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 حرارت‌های بالا برانگیخته می‌شود.

فام‌سپهر، معمولاً به علت درخشندگی فوتوسفر نامرئی است، اما به هنگام خورشیدگرفتگی که ماه قرص مرکزی خورشید را می‌پوشاند، نور سرخ مایل به صورتی کروموسفر را می‌توان دید.

**در کروموسفر، تنها حدود ۱۲-۱۰ درصد از جرم خورشید موجود است و به همین دلیل در تمام طول موج‌ها شفاف است.**

## ۶- تاج خورشید



شکل۴-۴ تاج خورشید در کسوف ۲۰۱۷

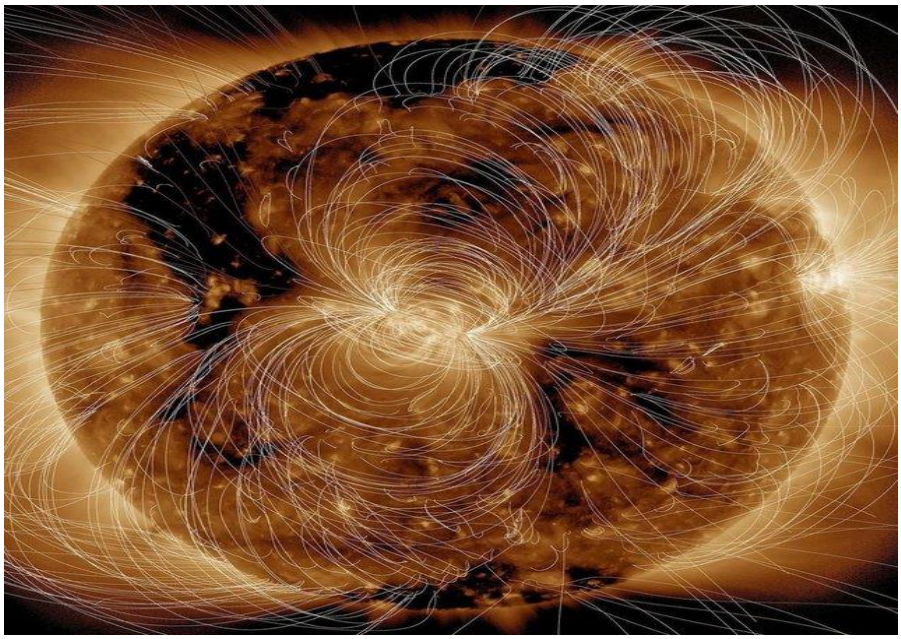
تاج خورشیدی یا تاج ستاره‌ای، بیرونی‌ترین لایه خورشید است. در گذشته تاج خورشید تنها در زمان کسوف دیده می‌شد، اما امروزه بسیاری از رصدخانه‌های زمینی و فضایی در هر لحظه قادر به رصد تاج خورشیدی هستند. دمای تاج خورشیدی حدود $۱۰^۶$ درجه کلوین است. در ارتفاع حدود ۱۰ هزار کیلومتر از سطح خورشید ناگهان دما به 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

## میدان مغناطیسی خورشید

خورشید میدان مغناطیسی پیچیده و بزرگی دارد، به طور میانگین در کل سطح خورشید ، میدان مغناطیسی حدود یک گاوس است، که حدودا دو برابر میدان مغناطیسی است که به طور میانگین در سطح زمین وجود دارد (۰/۵ گاوس). میدان مغناطیسی خورشید در حقیقت به بیرون از فضا، تا دورترین سیاره هم گسترش می یابد.

به طور کلی شکل پایه‌ای میدان مغنطیسی خورشید شبیه به میدان مغناطیسی زمین یا شبیه به میدان مغناطیسی یک آهنربای میله‌ای است.
مکان‌هایی از خورشید که میدان مغناطیسی قوی دارند مناطق فعال نامیده می‌شوند و اغلب لکه‌های خورشیدی تولید می‌کنند، میدان مغناطیسی در همسایگی یک لکه خورشیدی بزرگ می تواند به قدرت ۴۰۰۰ گاوس باشد.

**لکه‌ی خورشیدی ناحیه‌ای بر روی سطح خورشید است که به‌وسیله‌ی فعالیت‌های شدید مغناطیسی که مانع از انتقال گرما می‌شوند به وجود می‌آید. این لکه‌ها به علت کاهش درجه‌ی حرارت سطح خورشید در آن ناحیه‌ها به وجود می‌آیند.**



شکل ۴-۵ تصویر رایانه‌ای از میدان مغناطیسی خورشید

## بادهای خورشیدی

باد خورشیدی یا طوفان خورشیدی ، جریانی از ذرات یونی (پلاسما) انرژی داری هستند که از طرف خورشید به فضا در تمام جهات ساطع می‌شوند.

گرچه باد ثابت است ، اما خواص آن ثابت نیست.

**چه عواملی باعث ایجاد باد خورشیدی می‌شود و این جریان چگونه بر زمین تأثیر می‌گذارد؟**

تاج ، لایه بیرونی خورشید است که دمای آن، تا ۲ میلیون درجه فارنهایت (۱.۱ میلیون درجه سانتیگراد) می رسد. در این سطح، گرانش خورشید نمی‌تواند ذرات به سرعت در حال حرکت را حفظ کند و آنها به شکل باد از ستاره دور می شوند.

فعالیت خورشید در طول چرخه ۱۱ ساله ، با تغییر تعداد لکه های خورشید ، میزان تابش و مواد دفع شده تغییر می‌کند این تغییرات بر خصوصیات باد خورشیدی، از جمله میدان مغناطیسی، سرعت، دما و چگالی آن تأثیر می‌گذارد. همچنین بر اساس اینکه باد از کجای خورشید می‌آید و سرعت چرخش آن قسمت چقدر است، ویژگی‌های متفاوتی خواهد داشت.

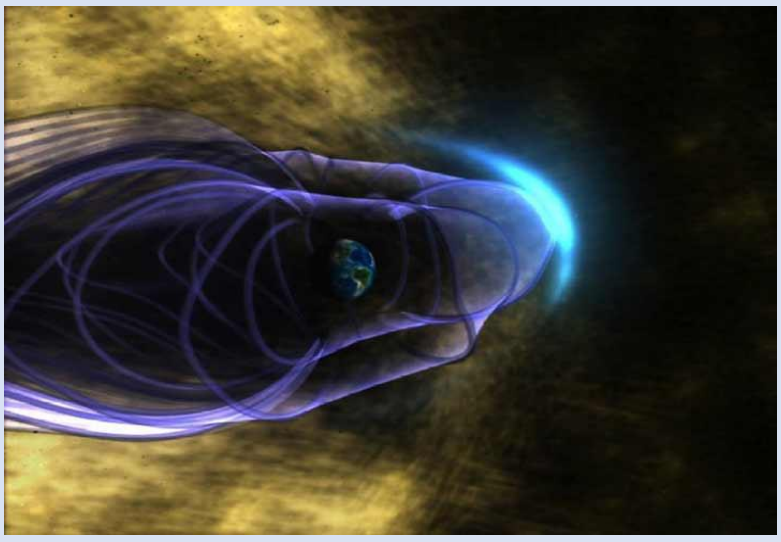
به تغیرات تناوبی در فعالیت‌های خورشید (شامل تغیرات در تابش خورشید و مواد خورشید) و در ظاهر آن **چرخه خورشیدی** گفته می‌شود. چرخه‌های خورشیدی به‌طور متوسط در هر حدود ۱۱ سال کامل می‌شوند.

## تاثیر بادهای خورشیدی در زمین

اگر مواد باد خورشیدی به سطح سیاره‌ای برسند، می توانند آسیب های زیادی به هر نوع شکلی از حیات وارد کنند. اما میدان مغناطیسی زمین به مانند یک سپر عمل می‌کند و این مواد را به اطراف سیاره هدایت می‌کند.

در شکل ۴-۶ زمین در وسط تصویری قرار دارد که توسط میدان مغناطیسی خود احاطه شده است این میدان با خطوط بنفش مشخص شده است.

باد های خورشیدی و ذرات باردار آن، ماهواره‌های زمین و سیستم‌های موقعیت‌یاب جهانی (GPS) را تحت تاثیر قرار می‌دهند. انفجارهای قدرتمند می‌توانند به ماهواره‌ها آسیب برسانند یا می‌توانند سیگنال‌های سیستم‌های موقعیت‌یابی را مختل کنند. باد خورشیدی همه‌ی سیارات منظومه‌ی شمسی را تحت تاثیر قرار می‌دهد.



شکل ۴-۶ زمین در احاطه میدان مغناطیسی

### شَفَق قُطبی

**شفق قطبی پدیده‌ی ظهور نورهای رنگین و متحرک در آسمان شب است و معمولاً در عرض‌های نزدیک به دو قطب زمین بر اثر برخورد ذرات باردارِ بادِ خورشیدی و یونیزه شدن مولکول‌های موجود در یون‌سپهر( یونوسفر ) زمین به وجود می‌آید.**

**شفق‌های قطبی نورهای زیبایی‌اند که به‌طور طبیعی در آسمان دیده می‌شوند. و معمولاً در شب و در عرض‌های جغرافیایی قطبی به چشم می‌خورند.**

شکل ۴-۷ شفق قطبی

## ۴-۲سیارات داخلی

سیارات را می‌توان براساس فاصله‌شان ازخورشید دسته بندی کرد. عطارد و زهره به سیارات داخلی موسوم اند. زیرا از زمین به خورشید نزدیک ترند. سیارات دیگر، از مریخ تا پلوتون سیارات خارجی نامیده می شوند، زیرا نسبت به زمین در فاصله دورتری از خورشید قرار دارند.

### عُطارِد

عطارد یا تیر، نزدیکترین سیاره به خورشید است. جرم آن ۰/۰۵۵ برابر جرم خورشید، معادل $۳/۳ \times ۱۰^{۲۳}$ کیلوگرم است 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 ۴۵/۹میلیون کیلومتر و دورترین فاصله آن ۶۹/۷ میلیون کیلومتر است. لذا همواره در اطراف خورشید حضور دارد و رویت آن تنها در هنگام طلوع و غروب ممکن است.

شکل ۴-۸تصویر سیاره عطارد

**نظریهٔ دینام مغناطیسی**

**با حرکات چرخشی مادهٔ رسانای مایع درون سیارات ، میدان مغناطیسی تولید می‌شود.**

**اگر درون مایع سیاره جامد شود یا اگر چرخش کُند شود، میدان مغناطیسی تضعیف می‌شود. بنابراین آنچه که یک سیاره برای تولید یک میدان مغناطیسی قوی نیاز دارد عبارتند از: ۱- یک مرکز (فلزی) رسانای مایع و ۲- چرخش سریع برای حرکت مادهٔ رسانا.**

### 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 می شود جرم عطارد نسبت به اندازه آن بسیار زیاد باشد.**

#### شکل سطحی

**سطح عطارد به سطح ماه زمین شباهت دارد ، که توسط بسیاری از دهانه های برخورد ناشی از برخورد با شهاب سنگ ها و ستاره‌های دنباله دار زخم شده است. دهانه ها و برجستگی‌های عطارد به نام هنرمندان ، نوازندگان یا نویسندگان مشهور و فقید نامگذاری شده‌اند.**

#### جوّ

**به جای جوّ ، عطارد دارای یک اگزوسفر 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.**

#### میدان مغناطیسی عطارد

**عطارد میدان مغناطیسی ضعیفی دارد. تراکم بالای عطارد به ما می‌گوید که این سیاره دارای یک هسته آهن-نیکل بزرگ است. میدان مغناطیسی آن حاکی از آن است که درون عطارد تا حدی ذوب شده است.**

## زهره

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 $۴/۸۶ \times ۱۰^{۲۴}$ kg معادل ۸۲ درصد جرم زمین است. قطر آن ۱۲۱۰۴ km است که فقط ۵ درصد از قطر زمین کوچکتر است. شتاب گرانشی روی سطح زهره $۸/۸۷ m/s^{۲}$ 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 می چرخد. جو غلیظ آن گرما را در اثر گلخانه‌ای به دام می‌اندازد ، و آن را به گرمترین سیاره منظومه شمسی تبدیل می‌کند دمای سطح آن به اندازه‌ای گرم است که می‌تواند سرب را ذوب کند.

شکل ۴-۹ تصویر سیاره زهره

**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 گوشته ای 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 می شود و حرکت می‌کند.**

**شکل سطحی**

**از فضا ، زهره سفید روشن است زیرا با ابرهایی پوشانده شده است که نور خورشید را منعکس و پراکنده می کنند. در سطح ، سنگها سایه های مختلفی از خاکستری دارند ، مانند سنگهای روی زمین ، اما جو غلیظ نور خورشید را فیلتر می کند به طوری که اگر روی زهره ایستاده باشید ، همه چیز نارنجی به نظر می رسد. این سیاره کوه ، دره و ده‌ها هزار آتشفشان دارد.**

**جوّ زهره**

**جو ناهید عمدتاً از دی اکسید کربن تشکیل شده و ابرهایی از قطرات اسید سولفوریک دارند. جو غلیظ گرمای خورشید را به دام می اندازد ، در نتیجه دمای سطح بالاتر از ۴۷۰ درجه سانتیگراد است. جو ناهیدلایه های زیادی با دماهای مختلف دارد.**

**میدان مغناطیسی زهره**

**ناهید فاقد یک میدان مغناطیسی است. زیرا به آهستگی گردش می کند و فاقد همرفت در هسته مایع است.**

## ۳-۴ 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 ناهمواردارد، 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.

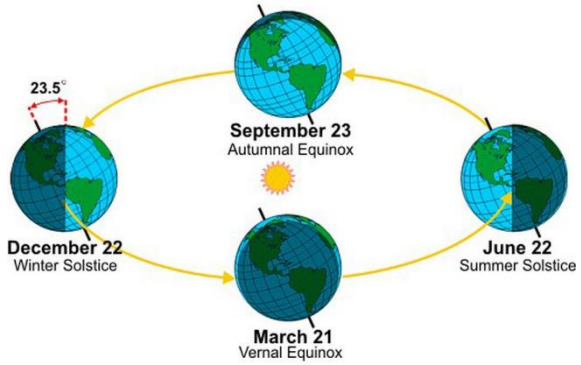
زمین با شعاع ۶۳۷۱ کیلومتر بزرگترین سیاره خاکی و پنجمین سیاره بزرگ است با فاصله متوسط ۱۵۰ میلیون کیلومتر، زمین دقیقاً یک واحد نجومی با خورشید فاصله دارد. حدود هشت دقیقه طول می کشد تا نور خورشید به سیاره ما برسد.

**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. درباره 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 بـه دور محـور خود و در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت می‌چرخد. محـور فرضـی چرخش زمین که از قطبین می‌گـذرد بـر سـطح مـدار حرکـت آن بـه دور خورشید عمود نیست و زاویه‌ای حدود ۲۳ درجه می‌سازد. این زاویه سـبب ایجاد آثاری همچون تغییر فصل می‌شود.




شکل ۴-۱۰ 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 خورشـید کـج می‌شـوند. بـا افـزایش ارتفـاع خورشـید در آسـمان ، گرمایش خورشید در شمال بیشتر مـی‌شـود و تابسـتان را ایجـاد می‌کنـد. گرمایش مستقیم کمتر خورشید زمستان را در جنوب ایجاد می کند. شـش 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 طـوری که خورشید در یکی از کانون‌های این مدار بیضوی قرار می‌گیرد. فاصله متوسط میان زمین و خورشید ۱۴۹/۶۰ میلیون کیلومتر اسـت. در طـی یـک مدار کامل در هر ۳۶۵/۲۵۶ روز یک بار زمین، گرد خورشید می‌گردد (۱ سال نجومی). در واقع در هر سال، زمین ۹۴۰ میلیـون کیلـومتر سـفر کـرده است.

## جو زمین

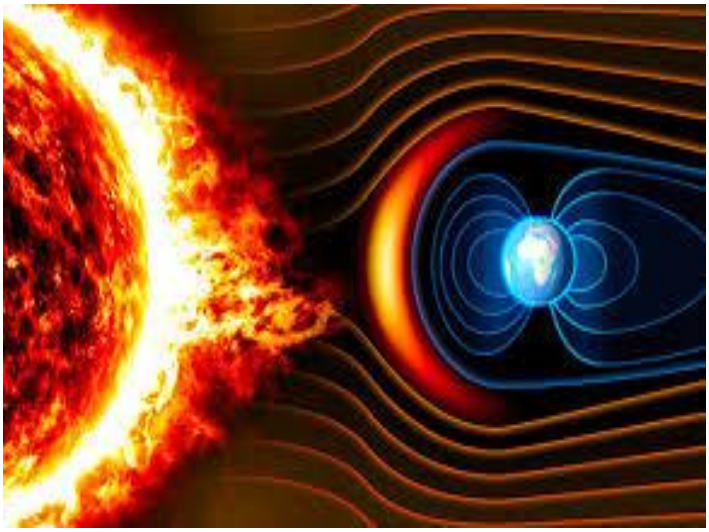
جو زمین پوششی نازک از گازها و ذرات کوچک است که همگـی بـا هـم، اجزای تشکیل‌دهنده هوا را بوجود می‌آورند. جو زمین و مقادیر زیـاد آب در سطح آن، سبب شده است این سیاره از سایر سـیاره‌های منظومـه شمسـی متمایز باشد. بدون وجود جوّ، زمین بسیار شبیه ماه بود. گازهـای اتمسـفری بویژه گاز دی‌اکسید کربن و اکسـیژن بـه شـدت بـرای حیـات موجـودات، ضروری هستند. نیتروژن و اکسیژن در حـدود ۹۹ درصـد اتمسـفر زمـین را تشکیل می‌دهند. مابقی گازها، مقدار بسیار کمی دارنـد امـا اهمیـت آن‌هـا بسیار زیاد است. اوزون، مولکولی است که از سه اتم اکسیژن تشکیل شـده است. وجود این لایه در جو بالای زمین سبب جذب پرتوهای پر انرژی ماورابنفش خورشید می‌شود.

شکل ۴-۱۱ اجزای تشکیل دهنده جو زمین

جو بر آب و هوای بلند مدت کره زمین و آب و هوای محلی کوتاه مدت تأثیر می گذارد و ما را از بسیاری از تشعشعات مضر خورشید محافظت می کند. همچنین از ما در برابر شهاب سنگ ها که اکثر آنها قبل از اینکه بتوانند به عنوان شهاب سنگ به سطح زمین برخورد کنند در جو می سوزد و در آسمان شب به صورت شهاب سنگ دیده می شود ، محافظت می‌کند.

## میدان مغناطیسی زمین

میدان مغناطیسی زمین از فضای داخلی زمین به فضا گسترش می یابد و با باد خورشیدی تعامل می کند. میدان مغناطیسی به دلیل حرکت جریانهای همرفت مخلوطی از آهن ذوب شده و نیکل در هسته خارجی زمین توسط جریان های الکتریکی تولید می شود. بزرگی میدان مغناطیسی زمین در سطح آن تقریبا ۰/۵ گاوس است. این میدان مانند میدان مغناطیس یک آهنربای میله‌ای عظیم در مرکز زمین قرار دارد. قطب شمال جغرافیایی در واقع قطب جنوبی میدان مغناطیسی زمین را نشان می دهد ، و بالعکس قطب جنوب جغرافیایی با قطب شمال میدان مغناطیسی زمین مطابقت دارد .



شکل ۴-۱۲ میدان مغناطیسی زمین

**مغناطیس سپهر**

**منطقه مغناطیسی پیرامون یک جرم فضایی است و هنگامی شکل می گیرد که جریانی از ذره های باردار،مانند بادهای خورشیدی در برهمکنش با میدان مغناطیسی ذاتی یک سیاره یا یک جسم مشابه منحرف می شود.**

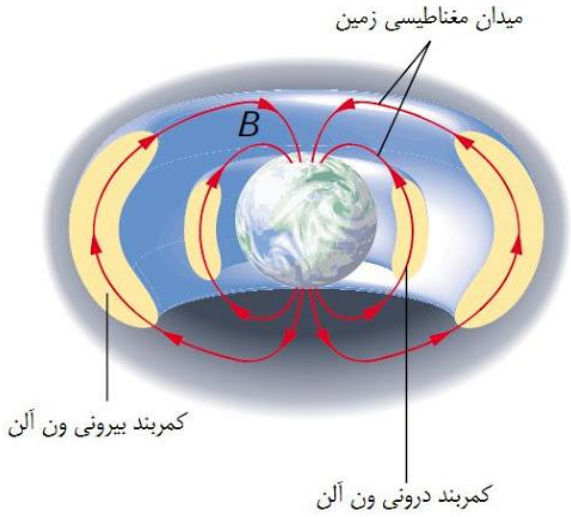
## کمربندهای تابشی وان الن

هرچند باد خورشیدی از اطراف زمین منحرف می‌شود اما بسیاری از پروتون‌ها و الکترون‌ها در مغناطیس سپهر زمین نفوذ می‌کنند و در کمربندهای تابشی چنبره‌ای شکل، که هم مرکز با محور میدان مغناطیسی زمین است، به دام می‌افتند. از آنجا که این کمربندها توسط جیمز وان آلن و تیم تحقیقاتی او کشف شد، به کمربندهای تابشی وان آلن شهرت یافت.

کمربندهای تابشی وان آلن دو ناحیه را شامل می‌شوند:

۱- کمربند داخلی کوچک در فاصله‌ای بین یک برابر شعاع زمین و دو برابر آن قرارگرفته است. در این ناحیه پروتون‌ها با انرژی ۵۰ MeV و الکترون‌ها با انرژی ۳۰ MeV قراردارند.

۲- کمربند خارجی بزرگ فضای بین سه برابر شعاع زمین تا چهار برابر آن را شامل می‌شود. در این ناحیه پروتون‌ها و الکترون‌های کم انرژی جمع شده‌اند.




شکل ۴-۱۳ کمربند های تابشی وان الن

## فجرها

فجر، حاصل برهمکنش کمربند تابشی داخلی با جوّ بالای زمین است. هنگامی که الکترون‌های کم انرژی از منطقه تابش داخلی خارج می‌شوند، با گازهای جوّی برخورد کرده و آنها را برانگیخته می‌کنند. زمانی که اتم‌های برانگیخته که غالباً اکسیژن و نیتروژن هستند، به حالت پایدار خود برمی‌گردند، رنگ‌های خاصی از نور مرئی منتشر می‌شود.

**نمای فجر ممکن است به صورت سوسوزدن باریکه‌های نور و یا پرده‌های نور با رنگ‌های صورتی، آبی و سبز باشد.**

شکل ۴-۱۴: فجر صبحگاهی در اقیانوس اطلس

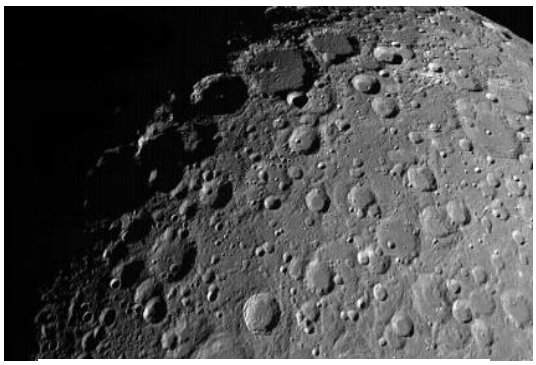
این پدیده را می‌توان به نوع ذرات، انرژی آنها و ارتفاع آنها از سطح زمین مرتبط دانست. ذرات کم انرژی در ارتفاع ۲۴۰ کیلومتری از سطح زمین یونیزه می‌شوند و انرژی را به صورت نور قرمز منتشر می‌کنند. در ارتفاع کمتر از ۲۰۰ کیلومتر به دلیل تابش اتم‌های اکسیژن، هیدروژن و نیتروژن، انرژی آزاد شده به صورت نور سبز دیده می‌شود. غالباً ارتفاع فجرها بین ۸۰ تا ۱۶۰ کیلومتر است.

## 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، ۲۹/۵۳۱ روز 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



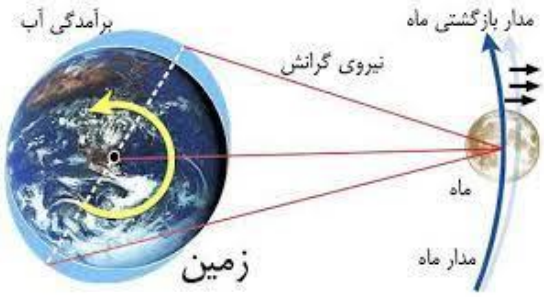
شکل ۴-۱۵ نمایی از سطح ماه

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 ماه جوّی 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 $10^{19}$ مولکول است در حالی که در جو ماه $10^{6}$ 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 ۴-۱۶: جزر و مد

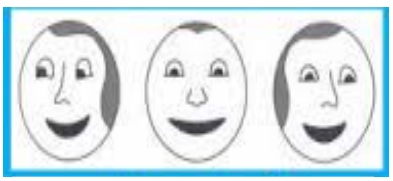
جزر و مد ، بالا و پایین رفتن سطح دریا است که در اثر تأثیرات نیروی جاذبه اعمال شده توسط ماه ، خورشید و چرخش زمین ایجاد می شود.

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 دارند. برای همین است که توده‌های آب بالا می‌آیند و مد را ایجاد می‌کنند. این حالت 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.

**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.**

## رُخ‌گرد ماه



شکل ۴-۱۷: 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 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 ۴-۱۸: تصویر اهلّه ماه

## میدان مغناطیسی ماه

بررسی فضایی سطح ماه، میدان مغناطیسی آن را در حدود ۱ nT نشان می‌دهند. اما قدرت چشمه‌های متمرکز روی سطح ماه در حدود ۱۰ nT است. در مجموع می توان گفت مغناطیس کلی ماه فوق‌العاده کوچک و قابل صرفنظر کردن است. بنابراین نمی‌توان هسته‌ای از آهن و نیکل را برای آن فرض کرد.

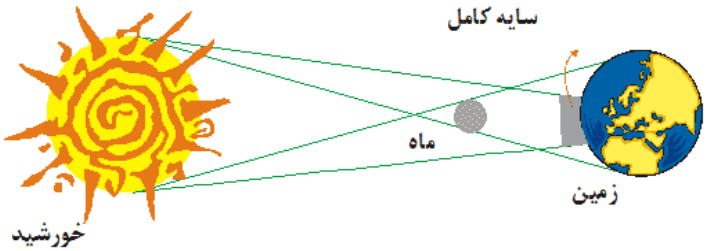
البته نمونه‌های سنگی سطح ماه، میدان مغناطیسی قوی‌تری را نشان می‌دهند که دلیلی بر کاهش میدان مغناطیسی ماه در گذر زمان است. اما چگونگی این کاهش هنوز به صورت معما باقی مانده است.

### گرفت‌ها: کسوف و خسوف

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 می‌آورند.

**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 بزرگی زاویه‌ای یکسان دارند (۰/۵درجه) و در آسمان هم اندازه به نظر می‌رسند. این انطباق به ما اجازه می‌دهد خورشید گرفتگی را ببینیم.**

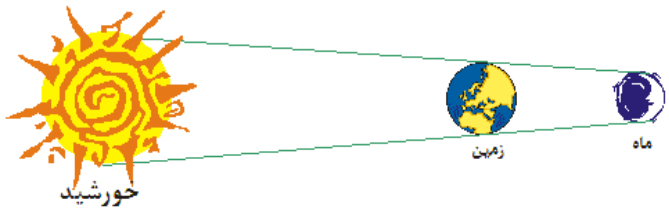
یک ناظر در قسمت سایه در طول کسوف تاریکی را تجربه می کند (کسوف کلی) .کسوف کلی زمانی آغاز می‌شود که خورشید در پشت ماه ناپدید شود، و با ظهور مجدد خورشید در لبه دیگر ماه به پایان می‌رسد.




شکل ۴-۱۹ طرحواره‌ای از خورشید گرفتگی

**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 می رود نیز ماه‌گرفتگی ایجاد می کند(شکل ۴-۲۰). 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.



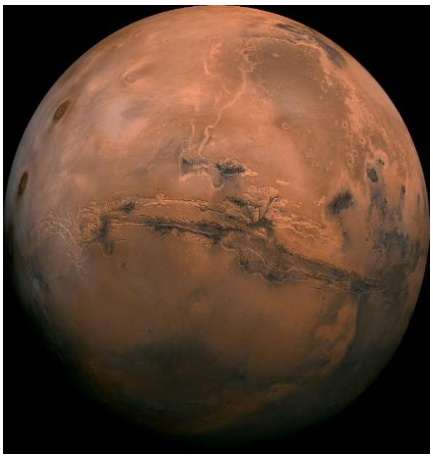

شکل ۴-۲۰ طرحواره‌ای از ماه گرفتگی

**فعالیت**

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

## ۴-۴ سیارات خارجی

### مریخ



شکل ۴-۲۱ 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.**

سیاره ی بهرام (مریخ) دو قمر طبیعی بسیار کوچک به نامهای، فوبوس و دیموس دارد 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 ۴-۲۲ تصویری از فوبوس

شکل۴-۲۳ تصویری از دیموس

## 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 جو 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.**

### میدان مغناطیسی

**میدان مغناطیسی مریخ nT ۶۰ اندازه‌گیری شده که بسیار ضعیف است. هرچند هسته مریخ کوچکتر از هسته زمین است اما به تندی زمین می‌چرخد و به نظر می‌رسد مقدار قابل توجهی فلز داشته باشد. از اینرو انتظار می‌رود مریخ دارای میدان مغناطیسی قوی‌تری باشد. اما چنین نیست.**

## مشتری

شکل۴-۲۴: تصویری از سیاره مشتری

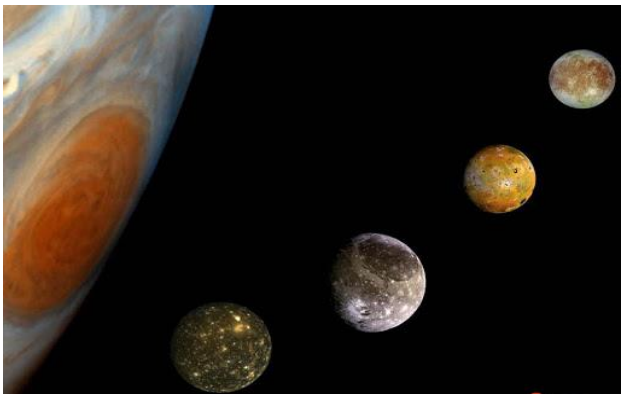
مشتری بزرگترین و پنجمین سیاره دور از خورشید، در منظومه شمسی است. جرم آن بیش از دو برابر مجموع جرم دیگر سیارات می‌باشد. نوارها و حلقه‌های چرخان مشتری در واقع ابرهای سرد، تند باد آمونیاک و آب هستند که در جوی شامل هیدروژن و هلیوم شناورند.

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، حلقه‌های مشتری بسیار ضعیفند و از گرد و غبار ساخته شده‌اند.

شعاع این سیاره۶۹۹۱۱ 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.

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 ۴-۲۵: اقمار گالیله ای

## 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، ژرمانیم 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.**

### میدان مغناطیسی مشتری

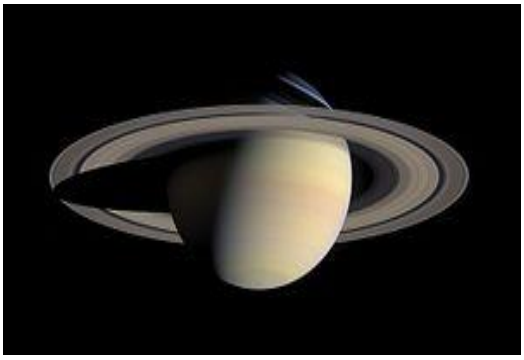
**مشتری نیز همانند زمین و بیشتر سیاره‌ها، دارای میدان مغناطیسی است و مانند یک آهنربای بزرگ عمل می‌کند. این میدان قوی‌تر از میدان مغناطیسی زمین است. زیرا مشتری بسیار بزرگ‌تر از زمین است و با تندی بیشتری به دور خود می‌گردد.**

**به نظر می‌رسد حرکت هیدروژن فلزی داخل هسته سیاره سبب ایجاد این میدان مغناطیسی می‌شود.**

## 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. حلقه‌های زحل پهن و در عین حال بسیار تخت و نازک هستند.

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.



شکل ۳-۲۰: تصویری از سیاره 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 گاز، 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

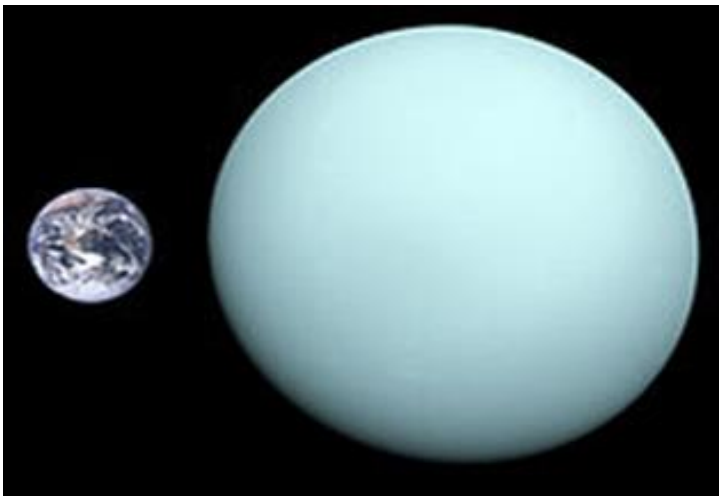
**حلقه‌ها یا کمربندهای زحل در فاصله ۱۱۲۰۰ کیلومتری آن قراردارند. حلقه‌های زحل، از تکه‌های یخ و همچنین تکه‌های سنگ و غبار تشکیل شده‌اند. حلقه‌های زحل پهن ولی بسیار تخت و نازک هستند. پهنای آن‌ها ۲۸۰ هزار کیلومتر است اما ضخامت آنها از کمتر از ۲ کیلومتر تا ۵ کیلومتر است. حلقه‌های زحل به ترتیبی که کشف شده‌اند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

### میدان مغناطیسی زحل

**اگرچه میدان مغناطیسی زحل به بزرگی میدان مغناطیسی مشتری نیست، اما قدرت آن ۵۷۸ برابر میدان مغناطیسی زمین است. زحل، حلقه های آن و بسیاری از ماهواره هایش کاملاً در درون کره مغناطیسی بزرگ این سیاره قرار دارند. منظور از کره مغناطیسی، ناحیه ای در فضاست که رفتار ذرات باردار الکتریکی در آن، بیشتر از میدان مغناطیسی زحل اثر می پذیرد تا بادهای خورشیدی. تصاویر تلسکوپ فضایی هابل نشان می دهند شفق‌های قطبی زحل، مشابه شفق‌های قطبی زمین است.**

## اورانوس

اورانوس از نظر نزدیکی به خورشید در ردیف هفتم پس از زحل قرار گرفته‌است. 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 و شتاب گرانشی آن ۹۰ درصد شتاب گرانشی زمین تخمین زده شده‌است. اورانوس هر ۸۴ سال و ۷ روز یک بار به دور خورشید می‌گردد. این سیاره با چشم غیرمسلح دیده نمی‌شود. محور حرکت وضعی این سیاره کاملاً با مدار حرکت انتقالیش منطبق است.



شکل ۳-۲۱: مقایسه اورانوس با زمین

اورانوس دارای بیش از ۲۷ قمر است. بزرگترین قمرهای اورانوس، میراندا، آریل، آمبریل، تیتانیا و ابرون هستند. بیرونی‌ترین قمر آن اوبرون و بزرگترین قمر آن تیتانیا با قطر ۱۵۸۰ کیلومتر است. این اجرام از صخره و یخ ساخته شده‌اند .

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 می‌شود. اورانوس رنگ سبز آبی و آبی خود را از گاز متان موجود در جوّ می گیرد. نور خورشید از جوّ 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.**

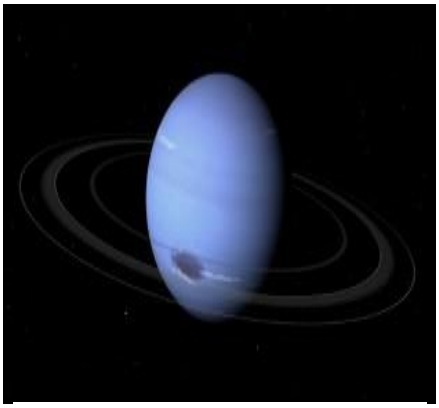
### میدان مغناطیسی زحل

**مانند سایر سیارات غول پیکر، اورانوس دارای یک میدان مغناطیسی است که توسط جریان‌های همرفت در یک فضای داخلی هدایت الکتریکی تولید می‌شود. در بعضی نقاط در نیمکره جنوبی اورانوس، میدان مغناطیسی فقط یک سوم میدان زمین است. با این حال ، در بعضی از مناطق شمالی، میدان اورانوس تقریباً چهار برابر میدان مغناطیسی زمین است!**

## 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.

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



شکل ۳-۲۳: سیاره نپتون

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

**جو 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.**

### میدان مغناطیسی

**میدان مغناطیسی نپتون قدرمندتر از میدان مغناطیسی زمین است و زمانی که با باد خورشیدی تداخل پیدا میکند به صورت بحرانی و آشفته دستخوش تغییر می شود .**

فصل ۵

# اجرام کوچک منظومه شمسی

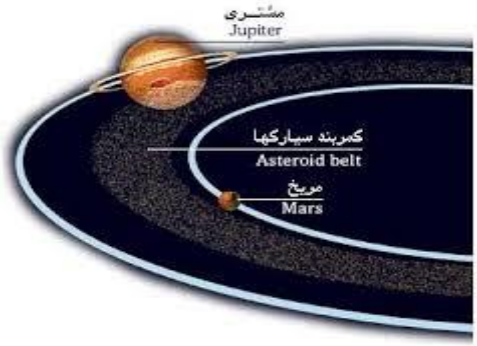
## ۵-۱ سیارک ها

شکل ۵-۱: سیارک

سیارک‌ها یا اختواره‌ها 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 سیارک‌ها بر اثر نیروی گرانش سیاره‌ها در مداری گیر می‌افتند، که به آنها «سیارک اسیر» می‌گویند.**



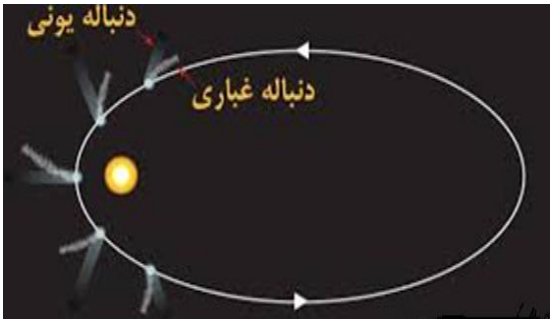

شکل ۵-۲: کمربند سیارکی

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.**

## ۵-۲ دنباله دارها




شکل ۵-۳: 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 ۵-۴: 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.

## ۵-۳ 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 و 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 جو عبور کرده و به زمین برخورد کند، به آن شهاب‌سنگ می‌گویند. برخی از شهاب سنگ ها سنگی هستند، در حالی که برخی دیگر از فلزات یا ترکیبی از سنگ و فلز ساخته شده‌اند.

شکل ۵-۵: شهاب سنگ

شهاب سنگ‌هایی که از جو زمین می‌گذرند، اندازه‌های بسیار گوناگونی دارند. برای زمین‌شناسان، 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 جو 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 نمونه هایی از این دهانه ها هستند. روزانه حدود ۵۰ تن شهاب‌سنگ به درون جوّ زمین می‌آید و بیشتر آن‌ها در لایه مزوسفر (سومین لایه تشکیل دهنده جوّ زمین) تبخیر می‌شوند.

### بارش شهابی

**بارش شهابی یک پیش‌آمد آسمانی در آسمان شب است که در هنگام عبور سیاره زمین در پیمودن مسیر مدار خود از میان توده‌ای از شهاب‌واره ها رخ می‌دهد. در جریان حادث شدن این رویداد تعداد زیادی شهاب‌واره در جوِ زمین می‌سوزند. هر بارش شهابی در ناحیه مشخصی از آسمان اتفاق می‌افتد و به این محل کانون بارش گفته می‌شود. جهت حرکت شهاب‌ها متفاوت است ولی امتداد مسیر آن‌ها به کانون بارش آن رویداد منتهی می‌شود.**

شکل۵-۶ : 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.**

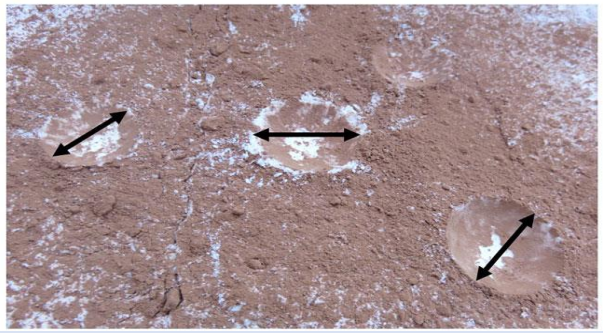
**در یک میلیارد سال نخست تاریخ منظومه شمسی، بمباران بزرگی از شهاب‌ها در همه سیاره‌ها رخ داده که تعداد زیادی از دهانه‌های برخوردی نتیجه این بمباران هستند. شیوه دگگونی این دهانه‌ها و مقدار فرسایش آن‌ها اطلاعات زیادی در مورد تاریخ تحولات و فعالیت‌های جغرافیایی سیارات به‌دست می‌دهد.**

### 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؟**

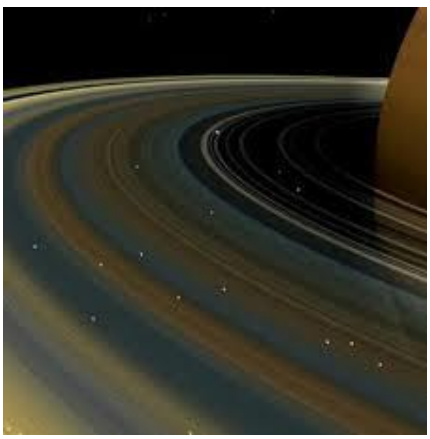
**چه تفاوتی بین شهاب سنگ ها وجود دارد؟ چگونه دهانه برخوردی ایجاد می شود؟**



## ۴-۵ 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 ۵-۷، تصویری از حلقه‌های زحل است.



شکل۵-۷: حلقه های زحل

## ۵-۵ 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 جوّ دارد و از نظر بزرگی پس از گانیمد قرار می‌گیرد.

شکل۵-۸: قمرهای بزرگ منظومه

## ۵-۶ 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، ملکولی 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.

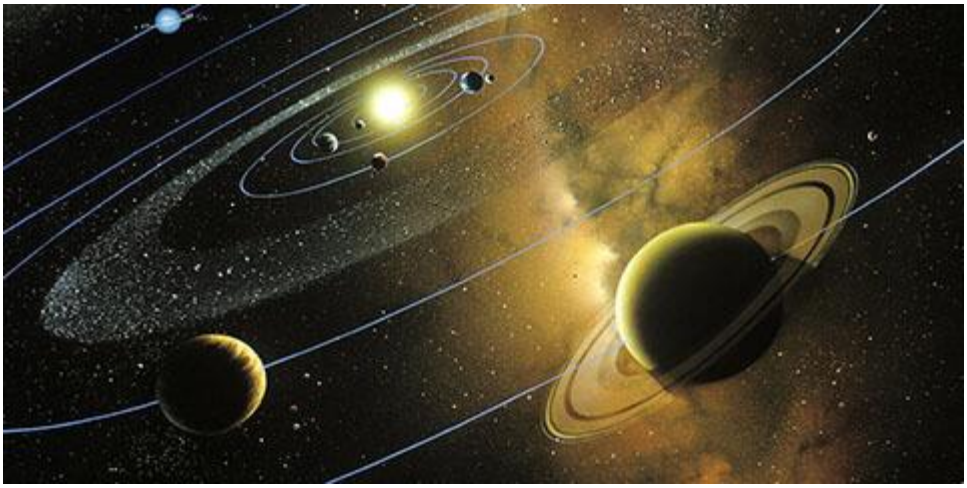
در منظومه شمسی ذرات غبار بین سیاره‌ای نقش مهمی در پراکندگی نور خورشید و انتشار تابش حرارتی دارند که این یکی از برجسته‌ترین ویژگی‌های نور شب در محدوده طول موج ۵ تا۵۰ میکرومتر است . علاوه بر این، امروزه احتمال داده می‌شود غبار بین سیاره‌ای توانایی انتقال مواد مورد نیاز برای به وجود آمدن حیات در سیارات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

## ۵-۷ شکل‌گیری 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 .

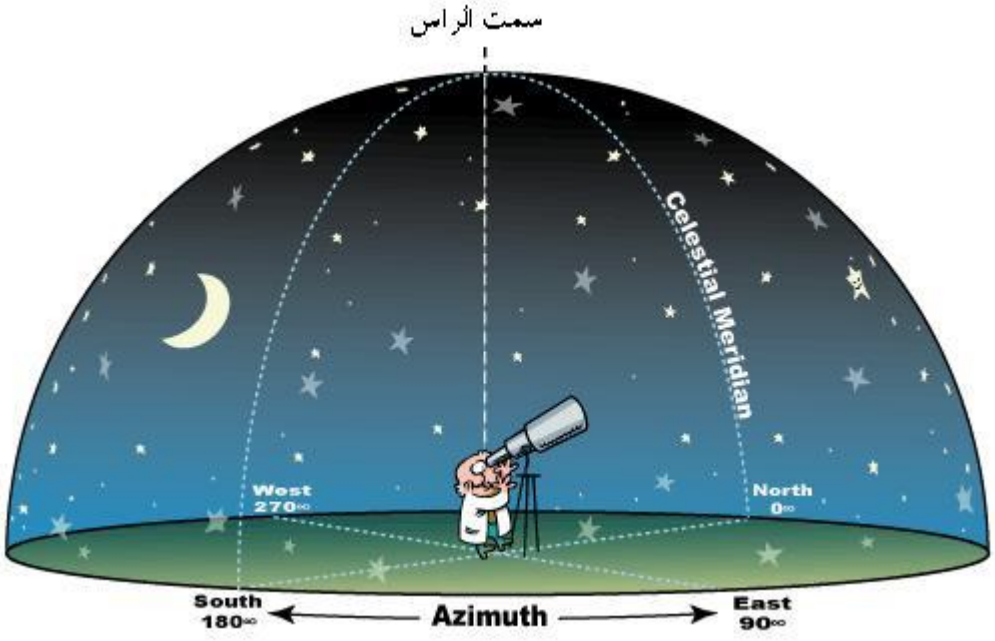
در مرکز گرانش، مواد بیشتری را به داخل کشید. سرانجام فشار در هسته آنقدر زیاد شدکه اتمهای هیدروژن شروع به ترکیب و تشکیل هلیوم کردند و مقدار بسیار زیادی انرژی آزاد کردند و خورشید ما متولد شد و سرانجام بیش از ۹۹ درصد مواد موجود را جمع کرد.

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.



شکل۵-۹: نمایی شماتیک از منظومه شمسی

# فصل ۶




# سیستم‌های مختصات سماوی

## 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.

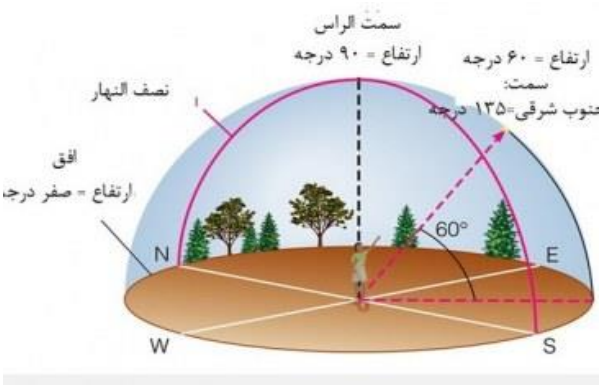
**کره سماوی یا کره آسمانی یک کره فرضی است با شعاعی بی‌نهایت که مرکز آن، مرکز زمین یا مکان ناظر (کسی که به آسمان نگاه می کند) است.**

شکل ۶-۱: کره سماوی

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

## ۶-۱ 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 ۶-۲). مختصات بدست آمده از آن، سمت (Azi) و ارتفاع (Alt) است که هر دو مؤلفه مختصاتی به محل ناظر روی زمین بستگی دارد.




شکل ۶-۲: 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 ۶-۲، 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 ۰° تا ۳۶۰° اندازه گیری می‌شود. سمت شمال صفر درجه، شرق ۹۰درجه، جنوب ۱۸۰ درجه و غرب ۲۷۰ درجه است. بنابراین حرکت آن به صورت روبرو است: شمال- شرق- جنوب- غرب. پس با زاویه‌ی سمتی می‌توان موقعیت جرم را در آسمان مشخص کرد (شکل ۶-۲). 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 : ۰° تا ۳۶۰°+ درجه**

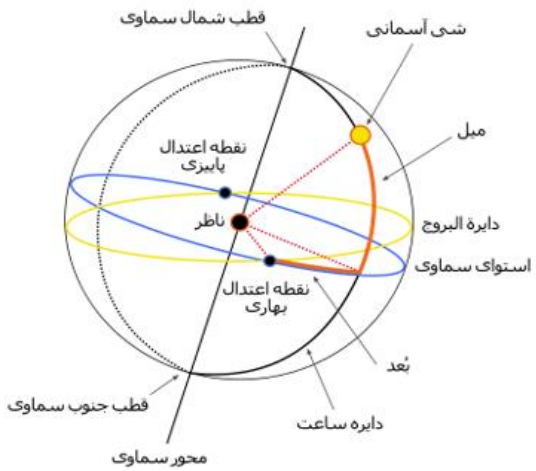
**مبدا : شمال سماوی**

**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 ۶-۲).

## ۶-۲ دستگاه مختصات استوایی

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




شکل ۶-۳: 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 زاویه‌یای در نظر گرفته شود هر ۱۵درجه معادل ۱ ساعت می‌باشد (شکل ۶-۳).

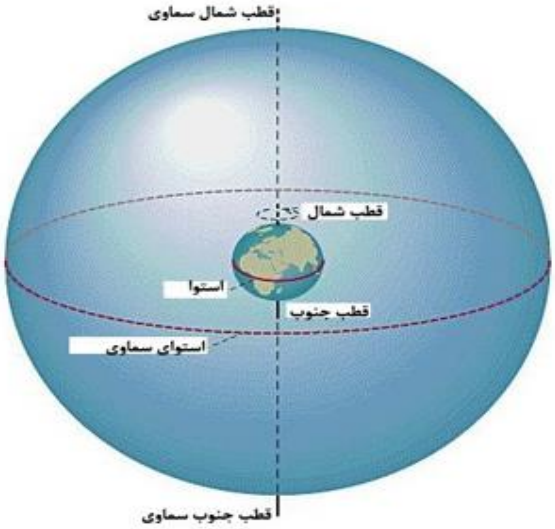
**بعد : Right ascention**

**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 ۶-۴ را ببینید.**




شکل ۶-۴: 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°+ درجه تغییر می‌کند. (شکل ۶-۳).

**میل: declination**

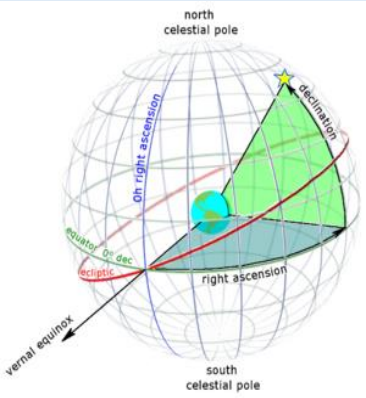
**بازه : ۹۰° - تا ۹۰°+ درجه**

**مبدا : استوای سماوی**

**نماد: δ**

**فعالیت:**

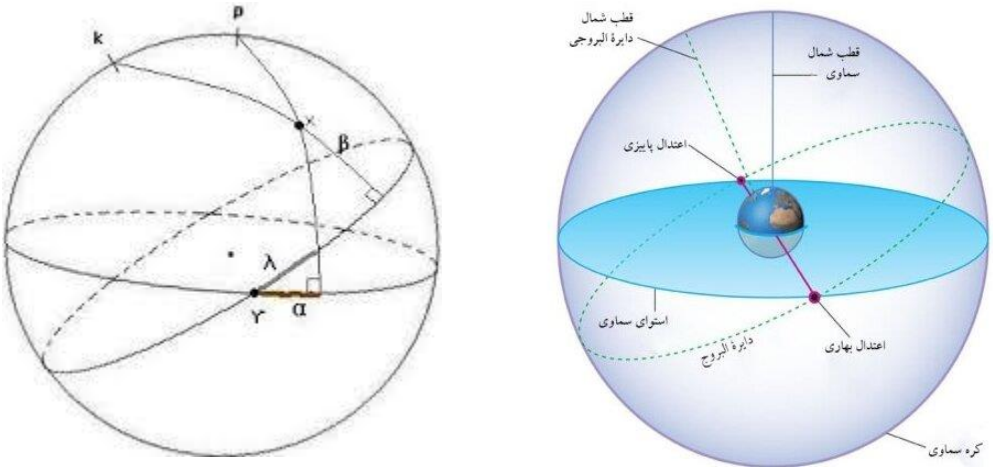
**بعد و میل جرم زیر را در آسمان بر حسب ساعت و درجه مشخص کنید؟**




## ۶-۳ 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 ۶-۵: 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 ۶-۵).

**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 ۶-۵) .

**عرض سماوی: celestial latitude**

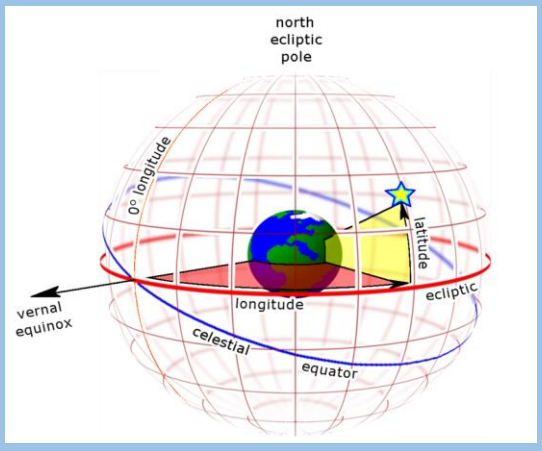
**بازه : ۹۰°- تا ۹۰°+ درجه**

**مبدا : دایره البروج**

**نماد:β**

**فعالیت:**

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



# فصل ۷

# 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 گرد و غبار 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.

# ۱-۷ 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.**

## جّو ستارگان

جّو 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 جّو، رفته رفته افزایش می یابد تا جایی که سر انجام هیچ پرتو نوری نمی‌تواند بدون واکنش با گاز از آن بگذرد. جّو 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.**

## 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 رده ی 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 می توان دید که این نوع طیف‌ها ناشی از مولکول ها است. در جدول ۷-۱ 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 |

**جدول۷- 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

## روشنایی

انرژی یک منبع نورانی به سطح معینی در واحد زمان مفهوم روشنایی آن منبع است و آن را با b نشان می دهند.

## قدر ظاهری

حدود ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد هیپارخوس یا ابرخس، دانشمند یونانی، ستارگان را برحسب روشنایی، با چشم غیر مسلح، به ۶ دسته قدر تقسیم کرد، به طوری که پرنورترین ستارگان را قدر یک و کم نور ترین آنها را قدر۶ نامید. بعد از این کار مهم هیپارخوس، ستاره‌شناسان در حدود دویست سال قبل، سیستم قدر را کامل کردند و با توجه به این که تلسکوپ ها هم به کمک آنها آمده بود، محدوده قدرها وسیع تر شد به طوری که قدر خورشید را ۲۶/۸−، ماه کامل را ۱۳−، سیاره زهره در پرنورترین موقعیت ۴−، ستاره نسر واقع صفر و ستاره قطبی ۲+ تعیین شد و کم نورترین ستاره‌ای که می‌توان با چشم غیرمسلح در بهترین شرایط رصدی دید با قدر ۶.۸ دیده می شود.

منجمان همچنین دریافتند که ستارگان قدر یکم صد برابر پرنورتر از ستارگان قدر ۶ هستند و از آنجایی که اختلاف قدرها ۵ بود، داریم:

$$\frac{b_1}{b_2} = q^5 = 100 \Rightarrow q = 2.512$$

در این رابطه، $b_1$، روشنایی ستاره قدر یکم و$b_2$،روشنایی ستاره قدر ششم است.

باید توجه داشت که $q$ یک عدد ثابت است و روش چشم انسان در تشخیص اختلاف روشنایی را بیان می‌کند که چشم یک آشکارساز لگاریتمی است. $q$ به ما نشان می‌دهد که اختلاف هر قدر ۲/۵۱۲ برابر قدر بعدی است؛ یعنی ستاره‌ای از قدر ۲ نسبت به ستاره‌ای از قدر ۳، $q$ برابر پرنورتر است. بنابراین می‌توانیم روشنایی و قدر دو ستاره را به یکدیگر نسبت دهیم .

**البته باید توجه داشت که:**

- **تابش ستارگان، در همه جهت ها گسیل می‌شود.**
- **هرچند روشنایی هر قدر۲/۵۱۲ برابر قدر قبلی است، ولی واکنش چشم ما نسبت به شدت نوری که وارد چشم ما می شود خطی نیست؛ یعنی، اگر شدت نور جسمی دو برابر جسم دیگری باشد، تفاوت نورانی بودن این دو جسم، کمتر از دو برابر به نظر میرسد.**
- **هر چقدر که عدد قدر کوچکتر باشد، جسم پرنور تر دیده می‌شود.**

شاید توجه کرده باشید که قدر ستارگانی که تا به حال مطالعه کردیم قدر ظاهری است زیرا ستارگان بسته به فاصله و همچنین روشنایی واقعی خود می توانند پرنور یا کم نور باشند، مثلاً خورشید که یک ستاره نسبتاً کم نور به حساب می آید صرفاً به علت فاصله بسیار کم با ما اینقدر پرنور به نظر می رسد.

## قدر مطلق

با توضیحاتی که داده شد به معیاری نیازمندیم که بتوان ستارگان را فارغ از فاصله آنها نسبت به ناظر با هم مقایسه کرد. به همین دلیل معیاری به وجود آمد به نام قدرمطلق؛ به این صورت که در آن همه ستارگان را از فاصله مشخصی مطالعه کنیم تا روشنایی ظاهری آنها بیانگر روشنایی واقعی آنها باشند.

**مطابق قرارداد، برای یافتن قدر مطلق ستارگان، آنها را از فاصله ۱۰ پارسکی نگاه می کنیم و قدر آنها را با هم می سنجیم.**

این معیار روشنایی واقعی ستاره را به ما می گوید و از مقایسه آن با قدر ظاهری میتوان فهمید روشنایی یک ستاره به فاصله و یا به روشنایی خود ستاره مربوط است. بنابراین می توانیم قدر ظاهری را به فاصله ستاره برحسب پارسک مرتبط کنیم .اگر فاصله ستاره ای را داشته باشیم از روی قدر ظاهری میتوانیم قدر مطلق آن را بیابیم.

## حرکت‌های ستاره‌ای

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.

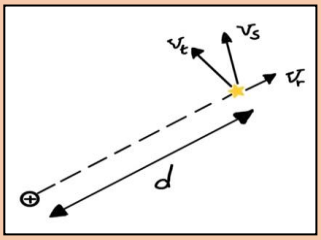
### حرکت فضایی

**حرکت فضایی یا سرعت فضایی($V_s$) به حرکت واقعی ستاره در کهکشان گفته می شود. این حرکت را می توان به وسیله ی دو بردار سرعت توضیح داد:**

**۱. سرعت شعاعی($V_r$): به سرعتی گفته می شود که ما آن را از روش های مشاهده ای احساس نمی‌کنیم و در واقع به دور یا نزدیک شدن ستاره در راستای دید ما گفته می شود. محاسبه سرعت شعاعی روش خاصی دارد که به اثر دوپلر معروف است و شرح آن از این درسنامه خارج است.**

**۲. سرعت مماسی($V_t$): سرعتی از که ما آن را از طریق مشاهده به دست می آوریم و آن را احساس می‌کنیم. این حرکت همان حرکت ستاره در زمینه آسمان به سمت چپ راست است که البته نباید آنرا با حرکتی که از اختلاف منظر ناشی می شود اشتباه گرفت. این سرعت عمود بر راستای دید ناظر است.**

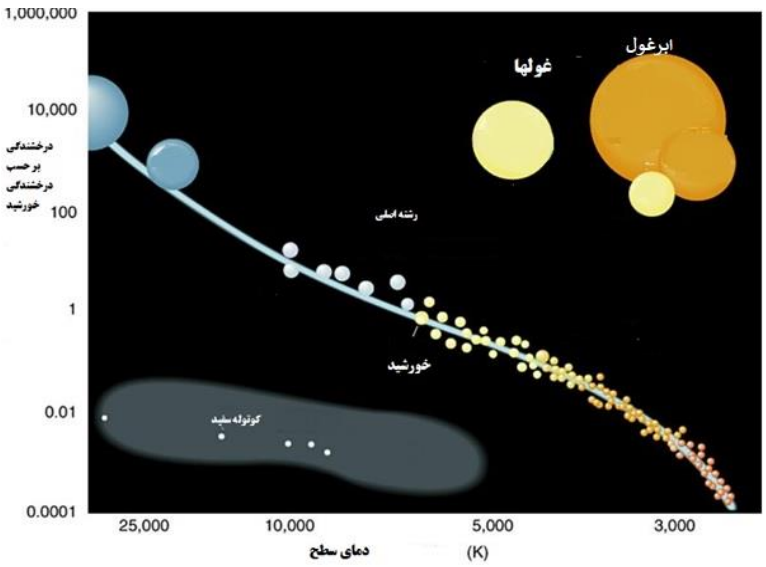
**حرکت فضایی یک ستاره را از این رابطه محاسبه می‌کنند. $V_s^2 = V_t^2 + V_r^2$**




شکل ۷-۱نمایش سرعت فضایی ستاره

## نمودار هرتسپرونگ- راسل

اگر نموداری داشته باشیم که محور عمودی آن روشنایی ستارگان و محور افقی آن دمای ستارگان باشد، به طوری که هر چقدر به سمت بالا برویم، روشنایی زیاد شود و هر قدر به سمت راست برویم، دما کاهش یابد، آنگاه ستارگان را بر اساس اطلاعات رصدی، روی این نمودار رسم کنیم، در واقع نمودار «هرتسپرونگ- راسل» را رسم کرده‌ایم که در ادبیات نجومی به نام نمودار H-R شناخته می شود. نمودار هرتسپرونگ-راسل، طرحی از دمای ستارگان برحسب روشنایی است که در آن ستارگان داغ در سمت چپ و ستارگان با درخشش کم، پایین قرار دارند. برای اولین بار این نمودار به وسیله هرتسپرونگ و راسل تهیه شده است(شکل۷-۲).




شکل ۷-۲: نمودار هرپسترانگ-راسل

زمانی که ستارگان در این نمودار رسم شوند، اکثر ستارگان(در حدود ۹۰ درصد) در گروهی سمت چپ بالا به سمت راست پایین کشیده می‌شوند که به این سری ستارگان، ستارگان رشته اصلی می‌گویند. ستارگان رشته اصلی مادامی که در این رشته هستند، در حالت تعادل گرمایی می باشند؛ بنابراین زیاد تغییر نمی‌کنند.

**ستارگان رشته اصلی ویژگی‌هایی دارند که برخی از آنها عبارتند از:**

**۱. در هسته همه این ستارگان هیدروژن به هلیوم می‌سوزد و زمانیکه این واکنش هسته‌ای در هسته آنها انجام نشود از رشته اصلی خارج می‌شوند(در واقع می‌میرند).**

**۲. خورشید یک ستاره رشته اصلی است.**

**۳. ستارگان رشته اصلی در این فاز، وضعیت نسبتاً پایداری دارند بیشتر عمر خود را در این حالت می‌گذرانند.**

**۴. اغلب ستارگان رشته اصلی، وقتی در یک طیف معین رصد می‌شوند، دارای قدر مطلق یکسانی هستند.**

**محورهای نمودار H-R می توانند شکل‌های مختلفی داشته باشند، مثلاً به جای دما می توان از رده طیفی و یا رنگ استفاده کرد، یا همچنین به جای قدر مطلق، می‌توان از درخشندگی یا تابندگی استفاده نمود. ولی در حالت عمومی نمودار H-R با دو محور قدرمطلق و دما کاربرد و استفاده بیشتری دارد.**

**بنابراین کوتوله‌های سفید که داغ و کوچک هستند در قسمت پایین و چپ نمودار قرار دارند و غول های قرمز و سرد و بزرگ در سمت راست و بالای نمودار قرار گرفته اند. طبیعی است که نزدیک بودن دو ستاره به هم در این نمودار به منزله نزدیک بودن آنها از لحاظ مکانی نیست بلکه به منزله شباهت آنها از نظر دما و روشنایی است. قابل ذکر است که ستاره هیچ‌گاه در طی دوره زمانی طولانی در یک جایگاه روی این نمودار ثابت نمی ماند و در طول عمر خود نقاط مختلفی را روی این نمودار طی می کند. توجه داشته باشید که در رشته اصلی، هر دمای مشخصی، فقط یک درخشندگی را به خود اختصاص می دهد.**

## غول‌های 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.

شکل۷-۳: تصویر غول سرخ

## کوتوله سفید

شکل۷-۴ 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.

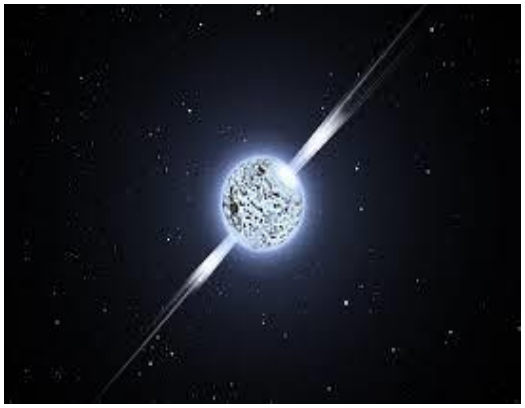
در حالت اول، یعنی وقتی که جرم تقریبا هم اندازه خورشید یا کمی بیشتر از آن باشد، بر اثر فعل و انفعالات درون ستاره لایه های خارجی ستاره به بیرون پرتاب می شود تا جایی که پوسته ستاره منبسط شده و خنک می‌شود ولی پوسته آنقدر از هسته دور شده که از هسته ستاره جدا می‌شود. پوسته حاصل در واقع همان سحابی سیاره نما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



شکل۷-۵: 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 ۷-۶: 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.

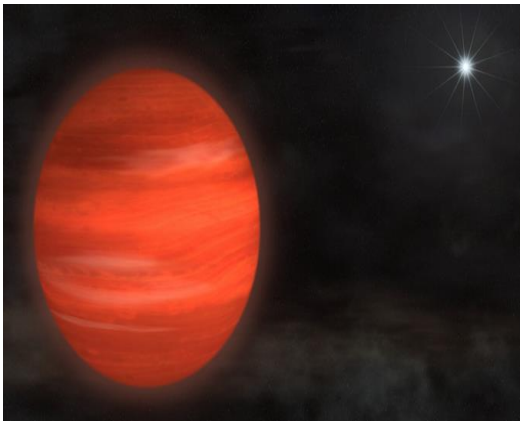
**توجه**

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

فصل ۸

# سیارات فراخورشیدی

## ۸-۱ سیارات فراخورشیدی یا سیارات غیرخورشیدی



شکل ۸-۱ : سیاره فراخورشیدی

سیاراتی که خارج از منظومه خورشیدی قرار دارند و به دور یک ستاره (غیر از خورشید) در حال گردش هستند سیارات فراخورشیدی نامیده می شوند. نخستین شناسایی علمی وجود یک سیاره‌ی فراخورشیدی در سال ۱۹۸۸ انجام شد با این حال، نخستین تأیید برای وجود چنین سیاراتی در سال ۱۹۹۲ صورت گرفت.

رصدهای زمینی و فضایی سیارات فراخورشیدی به دو دلیل عمده کار چندان آسانی نیست. نخست اینکه این سیارات به‌طور کلی نسبت به ستارگان، اندازه‌های بسیار کوچکی دارند و همچنین در فاصله‌های بسیار دوری از زمین واقع‌اند. دیگر اینکه این سیارات با ستاره میزبانشان اختلاف درخشندگی فوق‌العاده زیادی دارند. بنابراین تفکیک نور بازتاب شده از سیاره از نور ستاره بسیار مشکل‌است.

در ابتدا ، بیشتر سیارات قراخورشیدی کشف شده غول‌های گازی، مشابه مشتری یا بزرگتر از آن بودند که به آنها سیارات اَبَر مشتری گفته می‌شد. شکل۸-۱ تصویر یک سیاره فراخورشیدی اَبَر مشتری را نشان می‌دهد.

## ۸-۲ نمونه ای از سیارات فراخورشیدی (پروکسیما بی )

در آگست۲۰۱۶ دانشمندان متوجه شدند که سیاره‌ی پروکسیما بی نزدیکترین ستاره به خورشید(پروکسیما قنطورس)، سطح سخت و جامد دارد. همچنین دریافتند که این سیاره در کمربند حیات ستاره خود که کوتولهای قرمز است قرار دارد و قطر آن نیز ۹۴٪ قطر زمین است.

**کمربند حیات ستاره بازه ای از فاصله، در نزدیکی یک ستاره است که بتوان در آن سیاره ای با فشار اتمسفر کافی یافت که شرایط وجود آب مایع در سطح خود را دارا باشد.**

از آنجا که این سیاره نزدیکترین سیاره به منظومه شمسی ما است، در نگاه محققان اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است . فاصله‌ی پروکسیما قنطورس تا زمین ۴/۲ سال نوری است. یک سال سیاره پروکسیما b (شکل ۵)، تنها ۱۱روز به طول می‌انجامد. تحقیقات جدید دانشمندان به کلی احتمال حیات را بر روی سیاره "پروکسیما بی" را رد می‌کند. ستاره این سیاره یک کوتوله قرمز است که ابعاد آن یک دهم خورشید است و چرخه فعالیتهای آن ۷ ساله است. یک سوم فضای ستاره پروکسیما قنطورس را لکه‌های ستارهای تشکیل می‌دهند که دائما در حال فوران هستند. متاسفانه مشخص شده است که شدت فورانهای سطح این ستاره به حدی است که تشعشعات حاصل از آن، اتمسفر سیاره را به کلی از بین می برد.

شکل ۸-۲ : سیاره پروکسیما بی در مقایسه با زمین

در سالهای اخیر تحقیقات گستردهای در زمینه بررسی امکان حیاط در سیارات فراخورشیدی صورت گرفته است و تلسکوپهای فضایی متعددی برای این منظور راه اندازی شده اند. در آیندهای نزدیک نیز به تعداد آنها افزوده خواهد شد.

**برای بررسی احتمال حیات روی کرات دیگر شاخص‌های متعددی وجود دارد که به معرفی ۳ مورد از مهمترین آنها می پردازیم:**

**۱-شاخص میزان شباهت سیاره به زمین**

**شاخصی است که زمین را الگو و مبنا قرار می‌دهد و عواملی مانند دمای سطح، چگالی، سرعت فرار و شعاع سیاره را در مقایسه آن سیاره با زمین در نظر می‌گیرد. طبق نتایج تحقیقات بدست آمده از تحقیق ناسا از هر ۵ ستاره در کهکشان راه شیری یک ستاره خورشید مانند است. بنابراین در کهکشان راه شیری $۴۰\times۱۰^{۹}$ ستاره از نظر دما، جنس و ابعاد تقریباً شبیه خورشید هستند. پس محدوده حیات آنها با محدوده حیات خورشید برابر است**

**۲-شاخص قابلیت سکونت در سیاره**

**شاخصی است که پتانسیل حیات پذیری سیاره را ارزیابی می کند و بر پایه نیازهای ضروری حیات از قبیل قرار داشتن در لایه ی جوّی پایدار و محافظ، وجود سطح سنگی یا منجمد و توازن نسبت مایع موجود، و دارا بودن ترکیبات شیمیایی و سطح انرژی مناسب، این ارزیابی را انجام می دهد.**

**۳-شاخص پیچیدگی بیولوژیکی**

**این شاخص به تحلیل حیات پذیری سیاره با بررسی پارامترهایی از قبیل ترکیبات شیمیایی سیاره و برخی ویژگیهای مربوط به بیولوژی سیاره مانند لایه جوّ، انرژی، ژئوفیزیک، دما و سن سیاره می پردازد.**

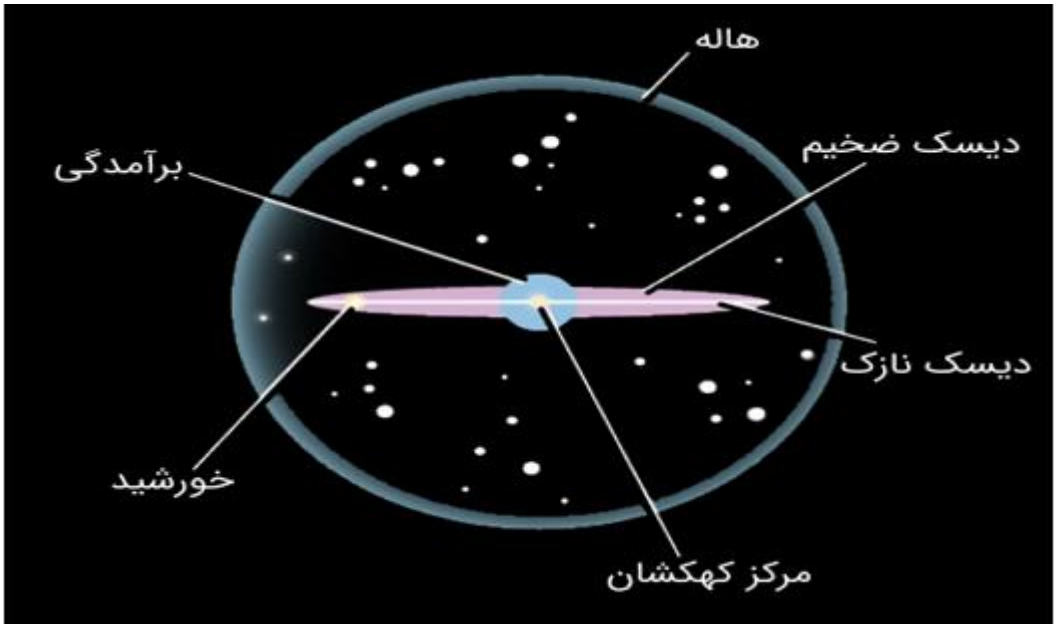
فصل ۹

# کهکشان‌ها

## ۹-۱ 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.




۹-۱ : نمایش 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. دیسک‌های 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 دست کم یک سیاهچاله در مرکز کهکشان راه شیری وجود دارد.

## ۹-۲ 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.

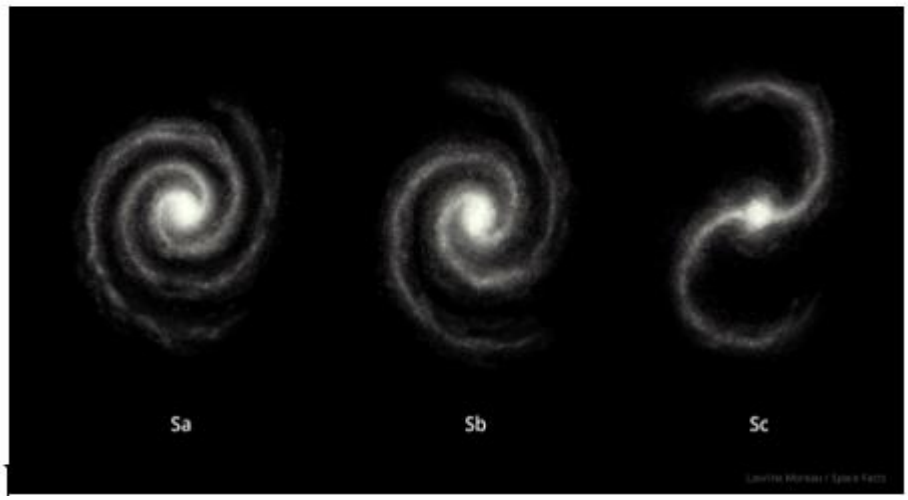
### کهکشان های مارپیچی

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 ۹-۲: 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 ۹-۲ 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 ۹-۳: 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 دارند. 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 ۹-۴: 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.**

۹-۵: کهکشان راه شیری

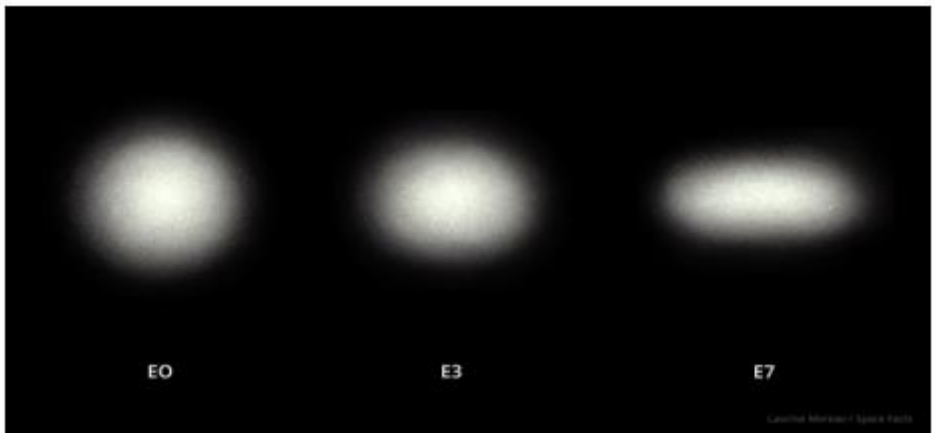
### کهکشان آندرومدا (زن بر زنجیر)

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

۹-۶: کهکشان آندرومدا

## کهکشان‌های بیضوی

کهکشان‌های بیضوی تقریبا به شکل یک تخم مرغ هستند و به طور گسترده در خوشه‌های کهکشانی و گروه‌های 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.

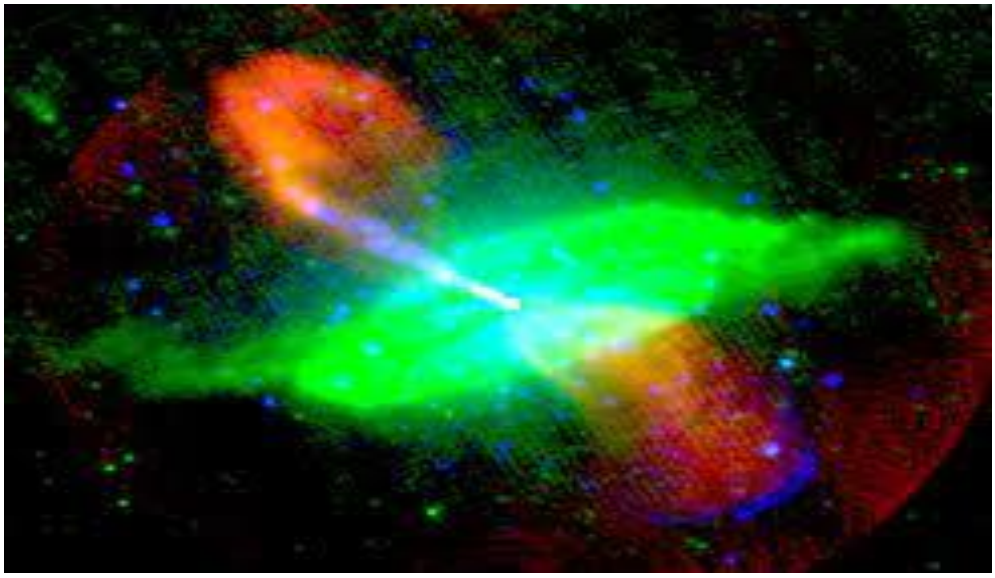



۹-۷: انواع کهکشان بیضوی

کهکشان‌های بیضی‌گون، دست کم دارای صد میلیون تا صد تریلیون ستاره‌اند و قطر این کهکشان‌ها می‌تواند از صد سال تا چند هـزار سـال نـوری 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 بـی ارتباط نیست. شکل‌های مختلف این نوع کهکشان را میتوان در شکل ۹–۷ مشاهده کرد.

## کهکشان‌های رادیویی

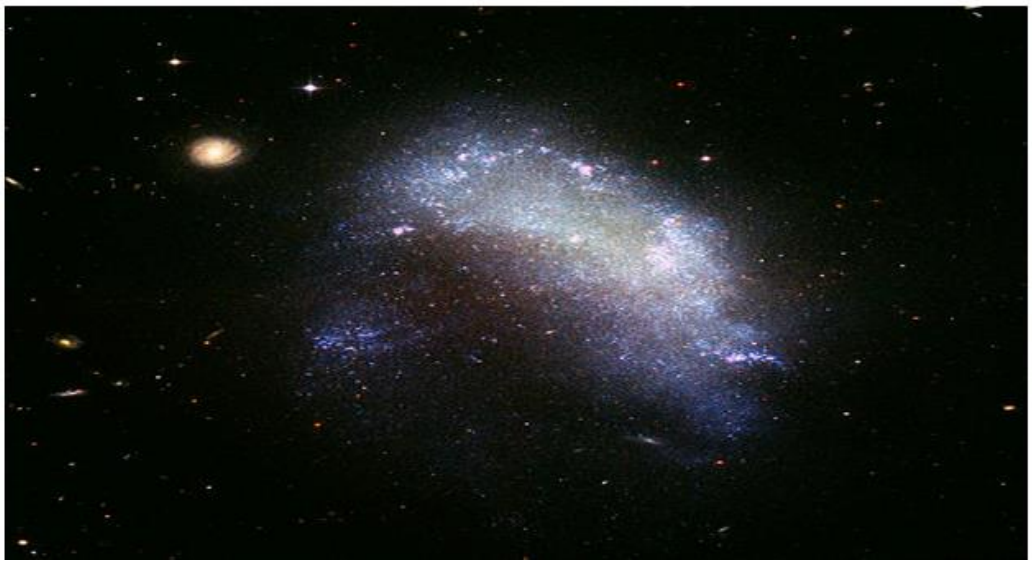
کهکشان‌های رادیویی از انواع هسته‌های کهکشانی فعال هستند که در طول موج‌های رادیویی بسیار درخشان هستند و درخشندگی آن‌ها تا $10^{39}$ وات و بسامدهای بین ۱۰ مگاهرتز و ۱۰۰ گیگاهرتز است. این کهکشان‌ها از نوع کهکشان‌های بیضوی بزرگ هستند.



۹-۸: کهکشان رادیویی

## 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 نامنظم همانند کهکشان‌های مارپیچی می‌چرخند، ولی بازو در آنها شکل نمی‌گیرد. شکل ظاهری یک کهکشان نامنظم را می‌توان در تصویر ۹–۹ دید.



۹-۹: کهکشان NGC۱٤۲۷ کهکشانی نامنظم در فاصله ۵۲ میلیون سال نوری از خورشید

فصل ۱۰

# مهبانگ

## ۱۰-۱ 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.

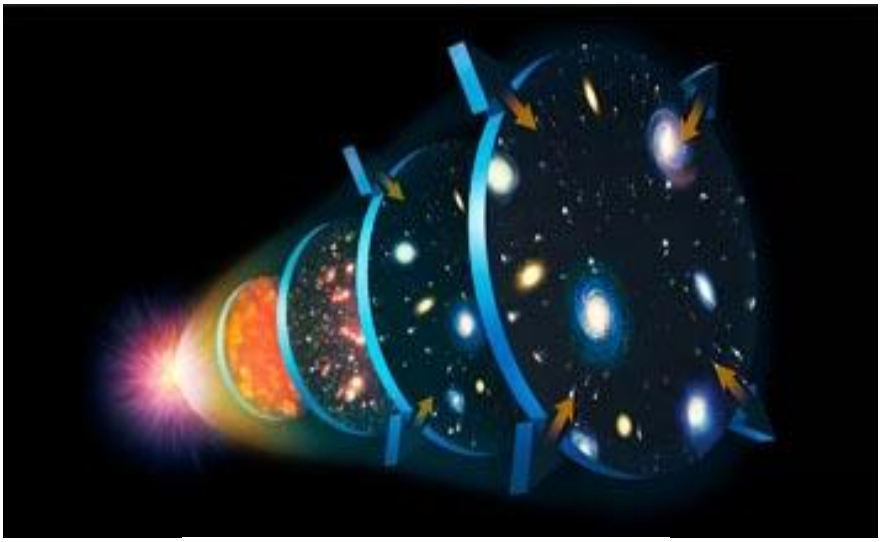
## ۱۰-۲ تاریخچه و نظریه مهبانگ

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.



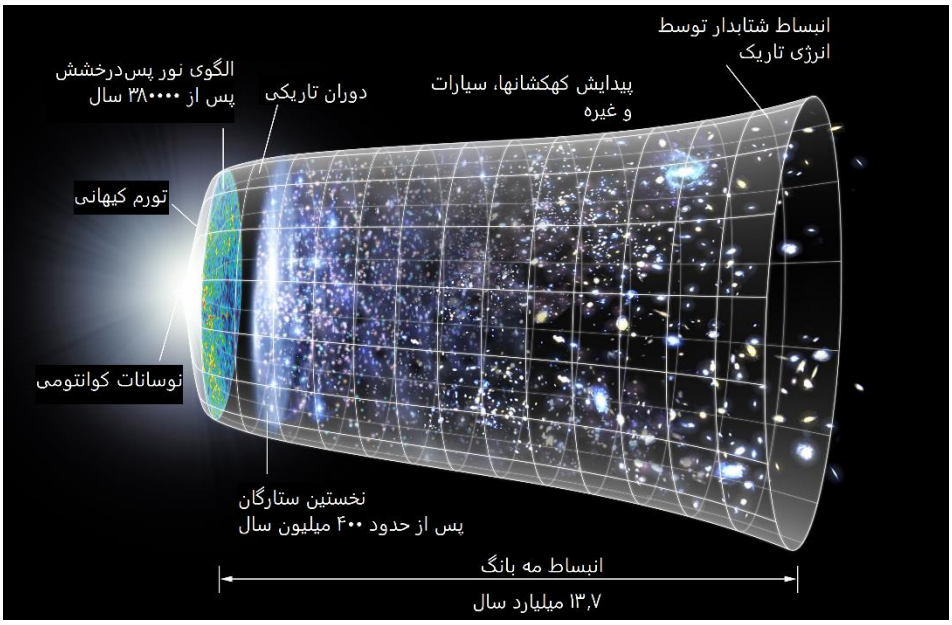
شکل ۱۰-۱: نگاره ی هنری از نظریه مهبانگ

**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 ادّعا مثالی می‌آوریم. سرعت گریز از زمین ۱۱/۴ کیلومتر بر ثانیه‌است. حال اگر موشکی با سرعت کمتر بخواهد از جوّ 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. پس، هر چه کهکشان دوردتر باشد، با سرعت بیشتری دور می شود.

نظریه مهبانگ بیان می کند که عالم در حال انبساط است. براساس این مدل، ماده و انرژی حدود ۱۵ میلیارد 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 ۱۰-۲: 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.

## ۱۰-۳ روند تشکیل عناصر

نوع و میزان فراوانی عنصرها در سیاره‌ها و وجود عناصر مشترک و متفاوت سیاره‌ها، نشان می‌دهد که عناصر به صورت ناهمگون در جهان هستی توزیع شده است. این یافته‌ها باعث شد که دانشمندان چگونگی پیدایش عناصر 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 عناصر سنگین فراهم می شود. 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 عنصرها می‌باشد.

**دما و اندازه هر ستاره تعیین می کند که چه عناصری باید در آن ستاره ساخته شود. به طوری که هر چه دمای ستاره بالاتر باشد، شرایط تشکیل عناصر سنگین تر فراهم می شود.**

**تشریح روند تشکیل عناصر**

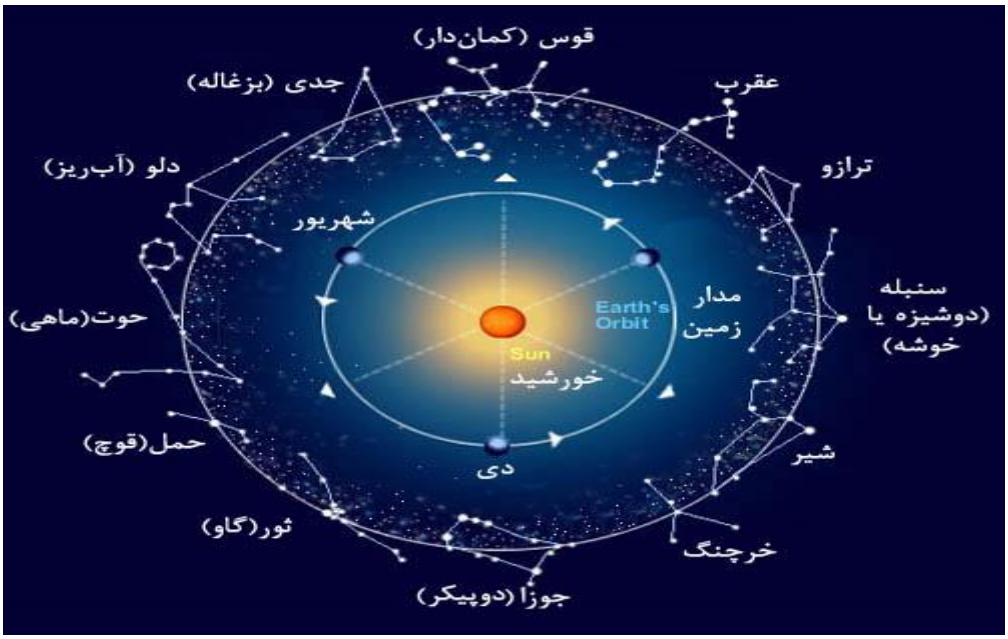
**پس از انفجار مهیب ذره‌های زیر اتمی (الکترون، پروتون و نوترون) پدید آمدند. سپس عناصر هیدروژن و هلیم پا به عرصه جهان گذاشتند. با گذشت زمان و کاهش دما، گازهای هیدروژن و هلیم تولید شده متراکم شدند و مجموعه‌های گازی به نام سحابی را ایجاد کردند.**

**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 می‌شود. سحابی‌ها محل پیدایش و زادگاه ستاره‌ها هستند.**

# فصل ۱۱




# آشنایی با صورت های فلکی و آسمان شب

## ۱-۱۱ آشنایی باصورت های فلکی

در حدود ۴۵۰۰ سال پیش مردمان تمدن های شرق مدیترانه شروع به تقسیم بندی ستاره های آسمان به نقش های ساده و قابل شناسایی نمودند ، و بر این تقسیم بندی نام‌های خدایان، قهرمانان ، و جانداران افسانه‌ای را نهادند.در زمان بطلمیوس دانشمند یونانی ۴۸ صورت فلکی شناخته شده بود ، اما امروز تعداد صورت های فلکی شناخته شده ۸۸ مورد است، که هریک حدود معینی دارند و به نامی خوانده می‌شوند. این ۸۸ منطقه کره آسمان را بطور کامل پوشش می‌دهند.

صورت های فلکی برای برای کشاورزان ودریا نوردان به منظور آگاهی از وقت یا فصل سال مفید بوده است. اهمیت صورت های فلکی، شناسایی قدم به قدم ستارگان در آسمان شب است. در ستاره شناسی از صورت های فلکی برای پیدا کردن مکان اجرام آسمانی بخصوص اجرام عمقی آسمان (سحابی ها ، کهکشان ها، خوشه های ستاره ای) نیز استفاده می شود.

**ستاره‌های هر صورت فلکی با هم ارتباطی ندارند و در فواصل مختلفی از یکدیگر قرار دارند ، بنابراین شکلی را که می سازند کاملا تصادفی است.**

### دب اکبر[۴](خرس بزرگ)

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

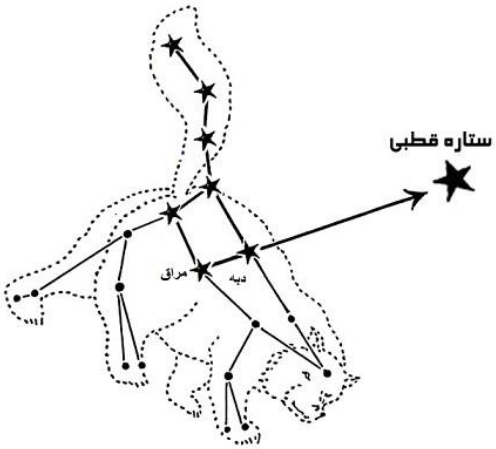
حتی مردمی هم که ارتباطی با نجوم و آسمان شب ندارند، نام آن را شنیده اند. دب اکبر یا هفت اورنگ، از بزرگترین صورت‌های فلکی آسمان است که در نیمکره شمالی قرار دارد. بیشترین علت شهرت آن راهنما بودن برای یافتن ستاره قطبی و جهت شمال است.

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، فخد 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.

معروفیتِ صورت فلکی دُب اکبر راهنما بودن آن برای یافتن ستاره قطبی و جهت شمال است.مهمترین زمان جهت رصد این صورت فلکی فروردین ماه است.

#### چگونگی پیدا کردن جهت شمال با استفاده از ملاقه یا آبگردان صورت فلکی دُب اکبر

برای این کار، کافی است که به قسمت ملاقه‌ای صورت فلکی دُب اکبر توجه کنید. مطابق شکل زیر اگر دو ستاره‌ای که در سر این ملاقه قرار دارند (دُبه و مراق) در نظر بگیرید و امتداد آن‌ها را مشاهده کنید، به ستاره قطبی می‌رسید. ستاره قطبی مهم‌ترین ستاره در جهت‌یابی در شب است و ستاره‌ای است که به ما جهت شمال را نشان می‌دهد.

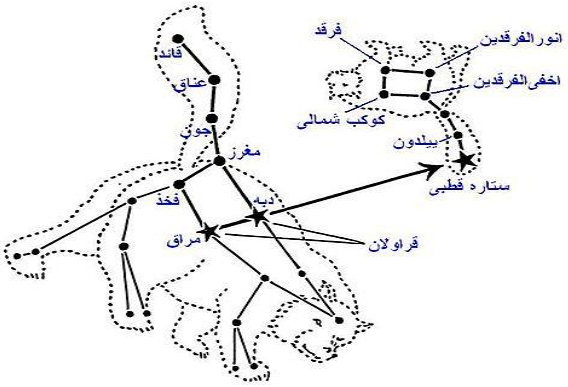



شکل ۱۱-۱ :دب اکبر

[۴] Ursa Major-

## دب اصغر[۵](خرس کوچک)

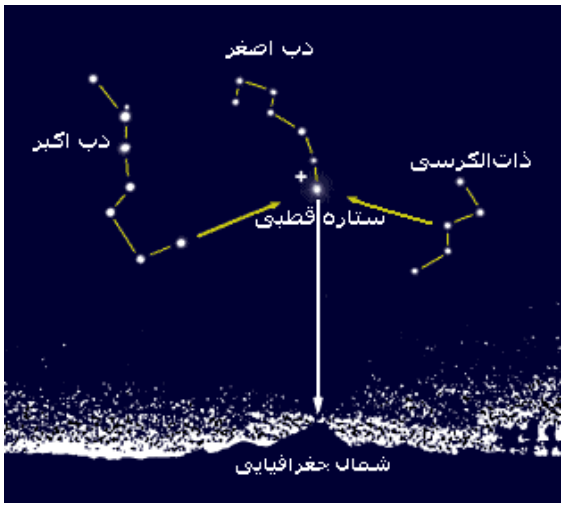
این صورت فلکی به شکل دُب اکبر، اما کوچک تر و کم نور تر از آن است. معروفترین ستاره‌ی این صورت فلکی آلفای(α)دُب اصغر معروف به ستاره ی قطبی یا جُدی یا "Polaris" است. در حال حاضر این ستاره فاصله‌ای کمتر از یک درجه تا موضع واقعی شمال آسمان دارد. بهترین زمان رصد این صورت فلکی تیر ماه است(شکل۱۱-۲).




شکل ۱۱-۲ :دب اصغر و دب اکبر

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

## ذات الکرسی[۶]




شکل ۱۱-۳: ذات الکرسی ، دب اکبر و دب اصغر

این صورت فلکی در آسمان به شکل حرف W و گاهی M دیده می شود. ستارگانی با نقوشی "زیگزاگ مانند" تشکیل صورت فلکی ذات الکرسی یا ملکه را می دهند. این صورت فلکی را به آسانی می توان در آسمان شب پیدا کرد. مکان آن نسبت به قطب شمال همیشه در سمت مقابل صورت فلکی دُب اکبر است. در زبان فارسی این صورت فلکی به خداوند اورنگ نیز معروف است. پنج ستاره اصلی آن، در حالت اوج ارتفاع و نسبت به جهت شمال آسمان شبیه به حرف M و در حالت نزدیک به افق مانند حرف W دیده می‌شود (شکل۱۱-۳).

به وسیله مجموعه ستارگان ذات الکرسی نیز میتوان ستاره قطبی را پیدا کرد. این ستارگان به شکل W بوده که راس زاویه وسطی آن به سمت ستاره قطبی می‌باشد. این دو گروه ستارگان (دُب اکبر و ذات الکرسی) نسبت به ستاره قطب ی تقریبا مقابل یکدیگرند و اگر احتمالا یکی از آنها معلوم نبود، دیگری حتما دیده می‌شود. شکل(۱۱-۳)را ببینید.

[۵] Ursa Minor-
[۶] Cassiopeia-

## قیفاووس[۷]

شکل ۱۱-۴: صورت فلکی قیقاووس

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 ۱۱-۴).**

## اژدها[۸](تنین)

شکل ۱۱-۵: صورت فلکی اژدها

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 می‌کنند(شکل۱۱-۵).

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.

## جبار[۹](شکارچی)

شکل ۱۱-۶: صورت فلکی جبار

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 ۱۱-۶).

دو ستاره پرفروغ 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[۱۰]

---

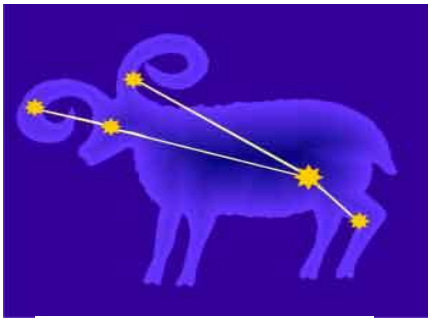
۷ Cepheus-
۸ Drago -
۹ Orion-

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.

## ۱۱-۲ صورت های فلکی دایرة البروج

مدار ظاهری گردش خورشید در آسمان دایرة البروج نام دارد. خورشید در طول یک سال از میان دوازده صورت فلکی حَمَل(بره)، ثور (گاو)، جُوزا(دوپیکر)، سرطان(خرچنگ)، اسد(شیر)، سُنبله(خوشه)، میزان(ترازو)، عقرب(کژدم)، جَدی(بز)، دَلو(آبریز) و حوت (ماهی) می‌گذرد که این دوازده صورت فلکی صورت های فلکی دایرة البروج نام دارد.

### صورت فلکی حَمَل(بره)



شکل ۱۱-۷: حمل

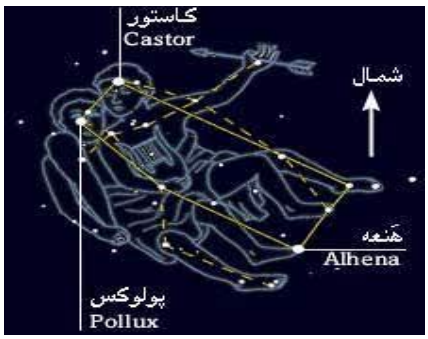
این صورت فلکی در آسمان چندان چشمگیرو مشخص نیست. صورت فلکی حمل در شب های پاییز می‌توان بخوبی رصد کرد. خورشید در فروردین ماه از مقابل این صورت فلکی طلوع و غروب دارد. شکل( ۱۱-۷).

### صورت فلکی ثور(گاو)

شکل ۱۱-۸: ثور

این صورت فلکی یکی از مشخص ترین و زیبا ترین صورت های فلکی آسمان شب است.سر ♉ شکل آن بخصوص در پاییز و زمستان به راحتی قابل تشخیص است.ستاره اصلی قرمز رنگ این صورت فلکی"الدِبران" نام دارد و از گونه های ستاره های غول سرخ است.خوشه پروین یا هفت خواهران در این صورت فلکی قرار دارد. مهمترین جرم عمقی که در این صورت فلکی قرار دارد سحابی خرچنگ است.خورشید در اردیبهشت ماه از مقابل این صورت فلکی طلوع و غروب دارد. (شکل ۱۱-۸).

### صورت فلکی جوزا(دوپیکر)



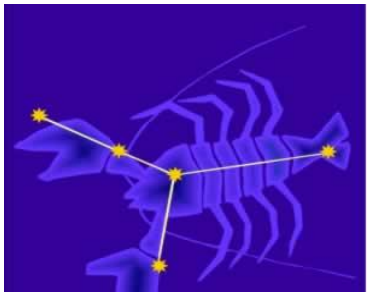

شکل ۱۱-۹: جوزا

صورت فلکی جوزا یا دوپیکر از صورت های فلکی دایره البروج است که با دوستاره‌ی کاستور و پلوکس(دوقلو های جوزا) معروف است. بارش شهابی جوزایی از درخشنده ترین بارش های شهابی سال است که در بازه زمانی ۲۲ تا ۲۳ آذر ماه در این صورت فلکی به اوج می‌رسد. خورشید در خرداد ماه از مقابل این صورت فلکی طلوع و غروب دارد(شکل۱۱-۹).

---

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

## صورت فلکی سرطان(خرچنگ)



سرطان صورت فلکی پر نوری نیست و ستارگان چندان مشخصی ندارد. در شهر های بزرگ به دلیل آلودگی نوری و آلودگی هوا بخوبی قابل تشخیص و رصد نمی باشد. در صورت فلکی سرطان یا خرچنگ خوشه ی ستاره ای " کندوی عسل" قرار دارد.خورشید در تیرماه از مقابل این صورت فلکی طلوع و غروب دارد، شکل (۱۱-۱۰).

شکل ۱۱-۱۰: سرطان

## صورت فلکی اسد(شیر)

یکی از زیبا ترین صورت های فلکی دایرة البروج است.درخشان ترین ستاره ی آن قلب الاسد نام دارد(دل شیر).این ستاره هجدهمین ستاره پرنور آسمان است.صورت فلکی اسد از دیدگاه پیشینیان یک صورت فلکی خوش یمن محسوب می شود. بارش شهابی اسدی در آبان ماه در این صورت فلکی رخ می دهد.خورشید در مرداد ماه از مقابل این صورت فلکی طلوع و غروب دارد،شکل (۱۱-۱۱).

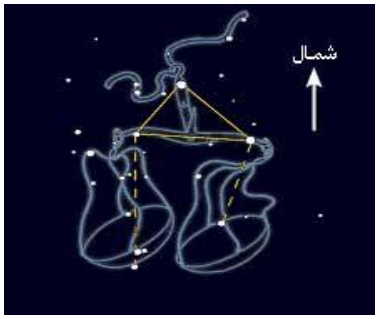
شکل ۱۱-۱۱: اسد

## صورت فلکی سنبله(خوشه)

این صورت فلکی از قدیمی ترین صورت های فلکی است که توسط انسان شناخته شده است. دومین صورت فلکی بزرگ سراسر آسمان است.ستاره اصلی این صورت فلکی "سمّاک اعزل" نام دارد.این صورت فلکی به الهه ی گندم نیز معروف است. خورشید در شهریور ماه از مقابل این صورت فلکی طلوع و غروب دارد، شکل (۱۱-۱۲).

شکل ۱۱-۱۲: سنبله

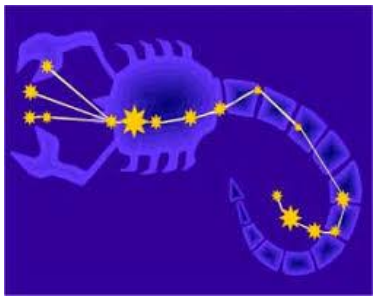
## صورت فلکی میزان(ترازو)




تمامی صورت های فلکی دایره البروج نام موجود زنده یا حیوان را دارند بغیر از صورت فلکی میزان که موجود زنده نیست. مردم تمدن بابل نیز با این صورت فلکی آشنا بوده اند. خورشید در موقع اعتدال پاییزی در این صورت فلکی قرار دارد، شاید مساوی بودن طول شب و روز در اعتدال پاییزی با نام صورت فلکی میزان همخوانی دارد. خورشید از مقابل این صورت فلکی در مهر ماه طلوع و غروب دارد. شکل (۱۱-۱۳).

شکل ۱۱-۱۳: میزان

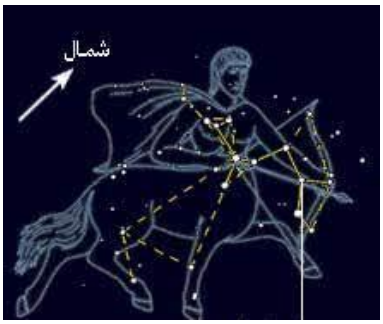
## صورت فلکی عقرب(کژدم)



این صورت فلکی از معدود صورت های فلکی است که اسم آن با شکل آن در آسمان تاحدودی مطابقت دارد. این صورت فلکی با ستاره ی معروف آن "قلب العقرب" مشخص می‌شود. در این صورت فلکی به دلیل قرار گرفتن آن در مسیر بازوی تابستانی کهکشان راه شیری خوشه‌های ستاره و اجرام عمقی زیادی قرار دارد. خورشید در آبان‌ماه از مقابل این صورت فلکی طلوع و غروب دارد. شکل (۱۱-۱۴).

شکل ۱۱-۱۴: عقرب

## صورت فلکی قوس(کماندار)




شکل ۱۱-۱۵: قوس

این صورت فلکی دایرة البروجی، مشخصه ی آذرماه است. همانند صورت فلکی عقرب از اجرام عمقی زیادی همانند خوشه‌های ستاره‌ای و سحابی‌ها برخوردار است. خورشید در آذرماه از مقابل این صورت فلکی طلوع و غروب دارد. شکل (۱۱-۱۵).

## صورت فلکی جَدی(بز)

شکل ۱۱-۱۶: جدی

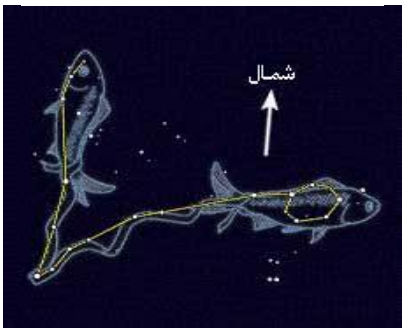
از صورت های فلکی قدیمی در نیمکره جنوبی آسمان است . صورت فلکی جدی در گروه صورت های فلکی قرار می‌گیرد که یا جایگاه دریایی دارند یا این که با آب نسبتی دارند. خورشید در دی ماه از مقابل این صورت فلکی طلوع و غروب دارد. شکل (۱۱-۱۷)

## صورت فلکی دَلو(آبریز)

شکل ۱۱-۱۷: دلو

این صورت فلکی نمایشگر مرد یا پسری است که از کوزه‌ای آب می‌ریزد که شکلی است باستانی در آسمان و تحت نام‌های گوناگون شناخته می‌شود. صورت فلکی دلو طوفان نوح را بخاطر می آورد.سحابی هلیکس یا سحابی چشم خدا که یک نوع سحابی سیاره ای است در این صورت فلکی قرار دارد. خورشید در بهمن ماه از مقابل این صورت فلکی طلوع و غروب دارد، شکل (۱۱-۱۷).

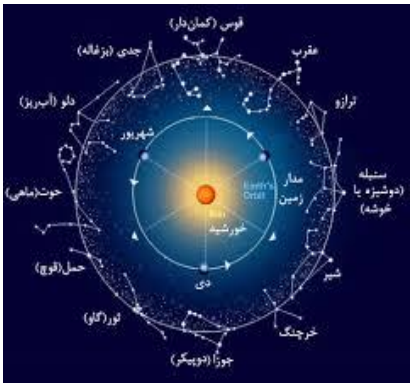
## صورت فلکی حوت(ماهی)




شکل ۱۱-۱۸: حوت

در این پیکر آسمانی ستاره درخشانی دیده نمی‌شود. بابلیان باستان ستارگان این صورت‌فلکی را به صورت مادر و پسری نمایش می‌دادند، که خود را به شکل ماهی در آورده‌اند. این صورت فلکی در اوایل آبان‌ماه در بهترین وضعیت رصدی قرار می‌گیرد. شکل (۱۱-۱۸).

## نمای کلی از صورت های فلکی دایرة البروج




شکل ۱۱-۱۹: صورت های فلکی دایرة البروجی

در این تصویر صورت های فلکی دایرة البروج در یک تصویر واحد و طبق نظم و ترتیب اصلی خود دیده می شوند. شکل (۱۱-۱۹).

## ۱۱-۳ اختفای نجومی

پدیده‌ای که در آن یک جرم آسمانی توسط جرم دیگر پوشیده می‌شود اختفای نجومی نامیده می‌شود. به بیان دیگر، زمانی که یک جسم دور توسط یک جسم نزدیک تر مخفی شود اختفا رخ می‌دهدشکل(۱۱-۲۰). اختفا می‌تواند شامل انواع زیر باشد.

۱-اختفای ستارگان با ماه، ۲-ختفای کلی، ۳-اختفای خراشان، ۴-اختفای پله‌ای، ۵-اختفای سیاره‌ای، ۶-اختفای ماه با اجرام سماوی دیگر ۷-اختفای سیارکی

شکل ۱۱-۲۰: اختفای سیاره مشتری و هلال ماه

## ۱۱-۴ مقارنه نجومی

مُقارنه در ستاره‌شناسی به نزدیک شدن ظاهری دو جرم درآسمان گفته می‌شود. به گونه‌ای که از دید ناظر زمینی در آسمان در کنار هم دیده شوند. مقارنه ماه با سیارات و ستارگان و سیارات با یکدیگر از متداولترین نوع مقارنه هاست. (۱۱-۲۱).

شکل ۱۱-۲۱: مقارنه سیاره زهره و هلال ماه

# فصل ۱۲

# آشنایی با ابزارهای اندازه گیری در نجوم

# آشنایی با ابزارهای اندازه گیری در نجوم و ابزارهای رصدی

هر علمی نیاز به ابزار خاص خود برای پیشرفت را دارد. علم نجوم نیز همچون دیگر دانشها ابزارهایی دارد که در پیشبرد آن سهم عمده‌ای داشته‌اند. داشتن آگاهی از این ابزارها، منجم را قادر می‌سازد تا بداند پیشینیان چگونه به پیشبرد علم نجوم کمک کرده‌اند و اهداف نجومی خود را به اجرا در می‌آورده‌اند. در حال حاضر ما چگونه میتوانیم با استفاده از این ابزارها به پیشرفت علم کمک کنیم؟ در این فصل با ابزارهای پیشرفته تر در این علم و با چگونگی عکاسی نجومی نیز آشنا میشویم.

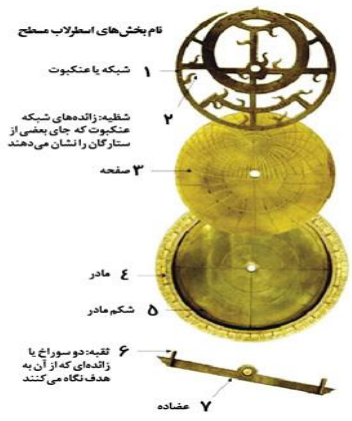
انتظار می رود در انتهای این فصل بتوانید این ابزارها را بصورت ساده بسازید، از آن استفاده نمایید و همچنین بتوانید عکس های خوبی از اجرام سماوی بگیرید و در نهایت ایده های خلاقانه ای در پیشرفت و بهتر شدن استفاده و یا کارایی ابزارهای رصدی موجود بدهید.

## ۱-۱۲ اسطرلاب

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

اسطرلاب رایج و معمولی دستگاه و صفحه مدّر 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، منطقة 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، رصد، کروی، مسطح خطی،کروی، مسطح دایروی وشمالی جنوبی




شکل ۱۲-۱: اجزای یک اسطرلاب

شکل ۱۲-۲: اسطرلاب مسطح ایرانی متعلق به سده نهم میلادی این اسطرلاب در موزه تاریخ علم کمبریج نگهداری می‌شود

## ۱۲-۲ ساعت 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 ۱۲-۳ : نمونه‌ای از ساعت آفتابی مسطح

شکل ۱۲-۴: نمونه ساعت آفتابی استوایی

## ۱۲-۳ تلسکوپ

**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 الکترومغناطیسی 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 پرنورتر 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).**

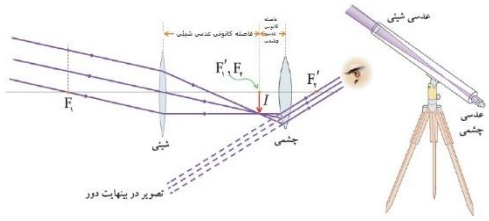
**۳- بخشی از آسمان را که مورد مطالعه است، بزرگ می‌کند.**

## تلسکوپ شکستی(گالیله‌ای)

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. عمل 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 ۱۲-۵: تلسکوپ شکستی گالیله

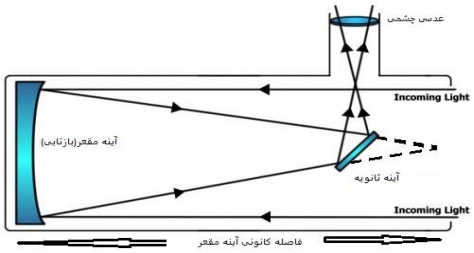



شکل ۱۲-۶: چگونگی تشکیل تصویر دریک تلسکوپ شکستی

## تلسکوپ بازتابی (نیوتنی)

تلسکوپهای نیوتونی از یک آینه مقعر، (شیئی) که غالبا سهمی شکل است و آینه‌ای تخت (ثانویه) تشکیل می‌شوند. همانطور که در تصویر۱۲-۸ دیده می‌شود، آینه تخت با زاویه ۴۵ درجه قرار می‌گیرد و نور را قبل از اینکه کانونی شود به سمت چشمی هدایت می‌کند.

شکل ۱۲-۷: تلسکوپ نیوتن ۱۶۷۲

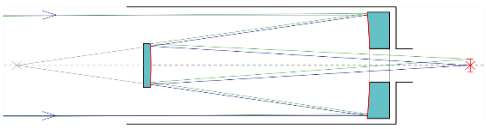



شکل ۱۲-۸: چگونگی تشکیل تصویر دریک تلسکوپ بازتابی

## تلسکوپ کاسگرین

تلسکوپ‌های نیوتنی عموماً بلند هستند، و هنگامی که اندازه آینه ی اصلی آنها بزرگ‌تر می‌شود، طول تلسکوپ بسیار زیاد می‌شود. برای حل این مشکل از روشی به نام کاسگرین استفاده می‌شود. در این روش، مرکز آینه ی کاو (مقعر) اصلی تلسکوپ توسط تکنولوژی خاصی سوراخ شده، و چشمی در پشت تلسکوپ (و پشت آینه ی کاو اصلی) قرار می‌گیرد. همچنین آینه یا منشور جلوی تلسکوپ که پرتوهای نور را به سمت بدنه، یه چشمی هدایت می‌کرد، اکنون تنها پرتوها را به صورت مستقیم به آینه ی اصلی بازتاب می‌کند. در این نوع به دلیل اینکه پرتوها طول تلسکوپ را دوبار طی می‌کنند، طول تلسکوپ به نصف کاهش می‌یابد.

شکل ۱۲-۹ : تلسکوپ کاسگرین



شکل ۱۲-۱۰ : نمایی ساده از ساختمان تلسکوپ کاسگرین

## تلسکوپ رادیویی

آنتن‌های غول پیکری به شکل بشقاب هستند که علامتهای رادیویی را در کانون اصلی خود متمرکز می‌کنند. در این کانون، یک آشکارساز رادیویی قرار دارد. با استفاده از تلسکوپ رادیویی، اندازه گیری شدت امواج رادیویی حاصل از کهکشانها امکان پذیر است. در تلسکوپ رادیویی، یک آنتن به شکل بشقاب، امواج را کانونی می‌کند و به گیرنده می‌فرستد. امواج پس از تحلیل در کامپیوتر، بر روی کاغذ رسم می‌شوند. اخترشناسان با پیوند چندین تلسکوپ رادیویی به هم، یک دوربین رادیویی درست می‌کنند و نقشه مناطق نشر کننده موج رادیویی را در آسمان بدست می‌آورند. به کمک تلسکوپ رادیویی نه تنها به هنگام شب، بلکه در روز نیز می‌توان به اخترشناسی پرداخت.

با پیدایشن نجوم رادیویی تحول عظیمی در علم نجوم به وجود آمد و ما را قادر کرد از روی زمین به عمق کیهان و به زمان های ابتدای به جود آمدن کیهان دست پیدا کنیم و همچنین چون امواج رادیویی از هر جرم متحرکی ساطع میشود و گستره طول موج بلندتری از نور مرئی دارند و جذب کمی بر اثر عبور از گرد و غبارهای کیهانی دارند، کمک می‌کنند به رازهای بسیاری دست پیدا کنیم.

شکل ۱۲-۱۱ : تلسکوپ FAST بزرگترین و حساس ترین رادیو تلسکوپ جهان

شکل ۱۲-۱۲ : تلسکوپ رادیویی Parkes در استرالیا

## تلسکوپ‌های ذرات پر انرژی گاما، ایکس، ماورای بنفش و تلسکوپ حرارتی مادون قرمز

در بالای جوّ، تلسکوپهای دیگری زمین را دور می‌زنند، که مخصوص پرتوهای گاما، X و فرابنفش هستند. آنها یافته‌های خود را به صورت پیامهای رادیویی به زمین می‌فرستند. تلسکوپ‌های امواج کیهانی معمولاً از کنار هم قرار دادن انواع آشکارسازهای مختلف پخش شده در یک منطقه بزرگ، تشکیل شده‌اند. تلسکوپ‌های امواج ایکس و گاما و ماورای بنفش و مادون قرمز معمولاً در ماهواره‌هایی در مدار زمین یا بالن‌های بلند پرواز خارج از جو زمین که برای این قسمت از طیف الکترو مغناطیس مات هست، قرار دارند.

شکل ۱۲-۱۳ : تلسکوپ فضایی پرتو "گامای فرمی"

شکل ۱۲-۱۴ : تلسکوپ اشعه ایکس "اسپکتر آر جی"

شکل ۱۲-۱۵ : تلسکوپ ماورایبنفش ۱۹۷۸

شکل۲ ۱-۱۶ : تلسکوپ مادون قرمز "ایراس"

## ۱۲-۴ دوربین دوچشمی نجومی

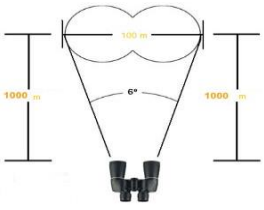
معمولا افرادی که به نجوم علاقمند می‌شوند، تصور می‌کنند که حتما لازم است برای رصد از تلسکوپ استفاده کنند. اما باید دانست که یک دوربین دوچشمی نجومی برای تازه کارها گاهی کارایی بیشتری از یک تلسکوپ دارد. با یک دوربین دوچشمی مناسب می‌توان ده‌ها کهکشان، سحابی و خوشه‌ی ستاره‌ای را در آسمان رصد کرد. هر چند در دوربین های 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.**

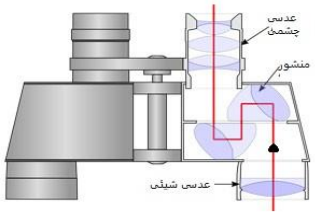
از سوی دیگر بزرگنمایی کم و میدان دید باز دوربین‌های دوچشمی آن‌ها را به ابزاری عالی برای رصد اجرام گسترده‌ی آسمان تبدیل می‌کند. به این ترتیب علاوه بر ستاره‌ها اجرام غیرستاره‌ای فراوانی، از خوشه‌های ستاره‌ای گرفته تا سحابی‌های مختلف و کهکشان‌های دوردست را می‌توان با دوربین‌های دوچشمی رصد کرد؛ در مقابل 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 ۱۲-۱۷: رصد هلال ماه توسط دوربین نجومی




شکل ۱۲-۱۸: افزایش میدان دید در دوربین نجومی




شکل ۱۲-۱۹: ساختمان داخلی دوربین نجومی

## 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 جوّ 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.**

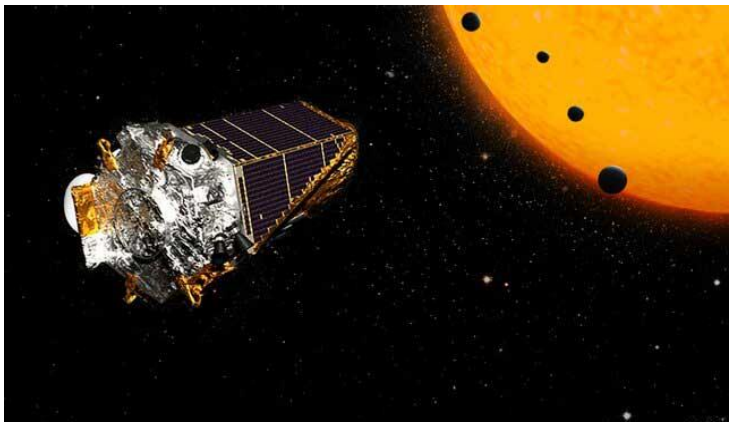
شکل ۱۲-۲۰: تلسکوپ هابل

### 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، 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 ۱۲-۲۱: تلسکوپ کپلر

## تلسکوپ فضایی اسپیتزر

تلسکوپ فضایی اسپیتزر یک تلسکوپ فضایی در طول موج مادون قرمز است. این تلسکوپ چهارمین و آخرین مرحله از پروژه برنامه بزرگ تلسکوپ‌های ناسا بود. اسپیتزر در ۲۵ اوت ۲۰۰۳ از سکوی پرتاب کیپ کاناورال همراه با موشک دلتا ۲ پرتاب شد.

**مداری که اسپیتزر دنبال می‌کند مدار معمول زمین‌مرکز نیست بلکه یک مدار خورشید مرکز است . این تلسکوپ سالانه ۰/۱ واحد نجومی از زمین دور می‌شود.**

قطر آینه اصلی آن ۸۵ سانتیمتر بوده و از برلیوم ساخته شده است و تا ۵/۵ کلوین سرد شده است.

شکل ۱۲-۲۲: تلسکوپ اسپیتزر

## 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 فاصله دورتر از زمین مستقر خواهد شد. آینه اصلی جیمز وب که عنصر بصری این تلسکوپ است، از ۱۸آینه شش ضلعی تشکیل شده که آینه‌ای با قطر ۶/۵ متر را تشکیل می‌دهند. این آینه بسیار بزرگتر از آینه هابل با قطر ۲/۴متر است.

**بر خلاف هابل که طیف‌های فرابنفش، طیف مرئی و مادون قرمز (۰/۱ تا ۱ میکرومتر) را مشاهده می‌کند، تلسکوپ جیمز وب در محدوده فرکانسی پایین‌تر 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 هستند.**

شکل ۱۲-۲۳: تلسکوپ جیمز وب

## ۱۲-۶معرفی رصد خانه های مهم دنیا

### رصدخانه پارانال

رصدخانه پارانال یک رصدخانه نجومی است که در صحرای آتاکاما در شمال شیلی در در ارتفاع ۲۶۳۵ متری ، ۱۲۰ کیلومتری جنوب آنتوفاگاستا واقع شده است.

رصدخانه پارانال در تعطیلات آخر هفته به روی گردشگران باز است و آنها می‌توانند با تلسکوپ بسیار بزرگ آن آسمان را تماشا کنند. این تلسکوپ که VLT نام دارد از چهار تلسکوپ کوچکتر به نام های آنتو، کواین، ملیپال و یپون (به معناهای خورشید، ماه، صلیب جنوبی و ونوس) تشکیل شده است. با این تلسکوپ بزرگ می توانید تا ۲۵ برابر تلسکوپ های کوچکتر اجسام را بزرگتر ببینید.

شکل ۱۲-۲۴: رصد خانه پارانال

## رصدخانه ستاره شناسی آفریقای جنوبی

رصدخانه نجوم آفریقای جنوبی مرکز ملی نجوم نوری و مادون قرمز در آفریقای جنوبی است. این رصدخانه توسط بنیاد تحقیقات ملی آفریقای جنوبی اداره می شود. وظیفه این مرکز تحقیق در زمینه نجوم و اخترفیزیک است.

این رصدخانه تلسکوپ بزرگ آفریقای جنوبی به نام SALT را در اختیار دارد که بزرگترین تلسکوپ اپتیکی در نیمکره جنوبی است. این تلسکوپ آنقدر قوی است که می تواند اجسامی که یک میلیارد برابر برای چشم غیرمسلح کوچک هستند را نشان دهد. بازدید کنندگان می توانند در روز به رصدخانه مراجعه کنند، ولی پس از غروب آفتاب نیز می توانند بیایند و آسمان شب را ببینند.

شکل ۱۲-۲۵: رصدخانه ستاره شناسی آفریقای جنوبی

## رصدخانه روک دو لوس موچاچوس

رصدخانه روک دو لوس موچاچوس رصدخانه نجومی است که در ارتفاع ۲۳۹۶ متری از سطح دریا در شهرداری گارافیا (لا پالما) قرار دارد. به دلیل شرایط آب و هوایی مناسب لاپالما، این رصدخانه از شرایط استثنایی برای تحقیقات نجومی برخوردار است.

این رصدخانه به همراه بیست تلسکوپ و ابزار دیگر برای انواع تحقیقات (مشاهدات شبانه ، ربات رباتیک ، فیزیک خورشید و اخترفیزیک با انرژی بالا )، در حال حاضر میزبان بزرگترین تلسکوپ نوری مادون قرمز در جهان نیز است.

با این تلسکوپ ها پیشرفت های بزرگی در مطالعه جهان از تشخیص دورترین کهکشان تا تأیید وجود سیاهچاله ها و انبساط سریع جهان به دست آمده است.

شکل ۱۲-۲۶: رصدخانه روک دو لوس موچاچوس

فصل ۱۳

# 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 .

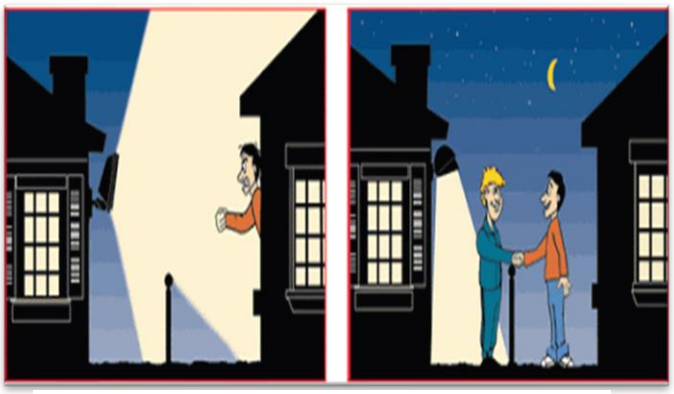
## ۱-۱۳ پیدا کردن مکان مناسب برای رصد

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

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.

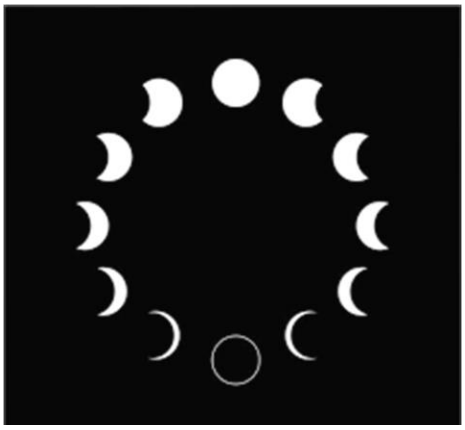


شکل۱۳-۱: آلودگی نوری

**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.**

## ۲-۱۳ زمان مناسب

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. زمان مناسب برای رصد ماه نیز شبهای سوم تا دهم ماه قمری است.



شکل۱۳-۲: تصویری از فازهای ماه

## ۱۳-۳ نرم افزار رصدی

شکل۱۳-۳: 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.

## ۱۳-۴ ابزار رصد

شکل۱۳-۴: 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.

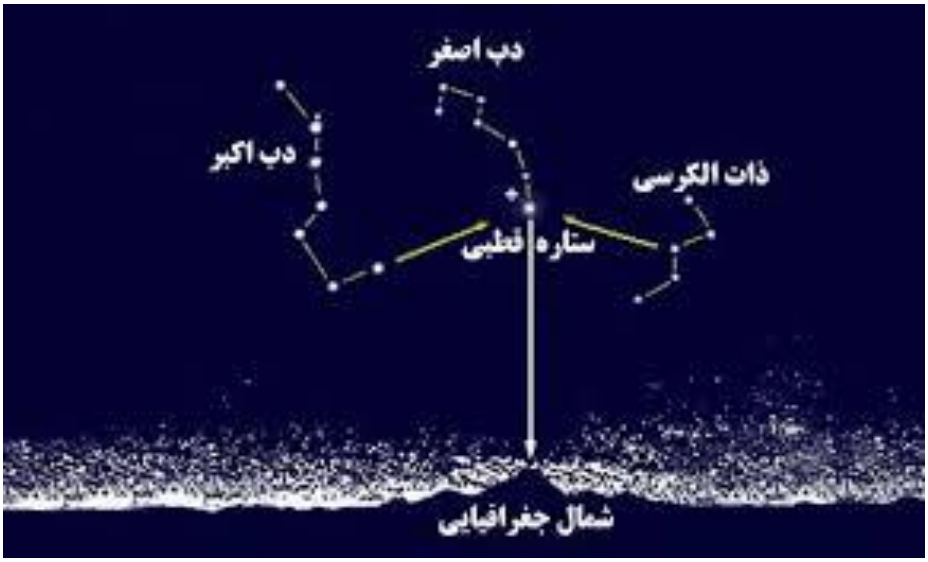
با دوربین‌های دوچشمی می‌توانید حفره‌های ماه، هلال زهره و قمرهای مشتری را کاملا واضح رصد کنید. هنگام ظهور یک دنباله‌دار جدید، هیچ وسیله‌ای نمی‌تواند بهتر از یک دوربین دوچشمی، نمایی کلی از سر و دم یک دنباله‌دار را برای شما مشخص کند.

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 ۱۴




# جهت یابی

## مقدمه

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 .

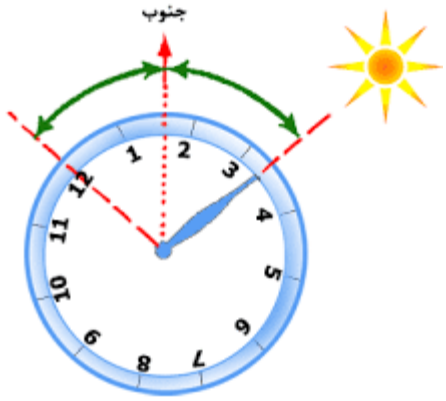
شکل۱۴-۱: جهت یابی

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.

## ۱-۱۴ 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.....

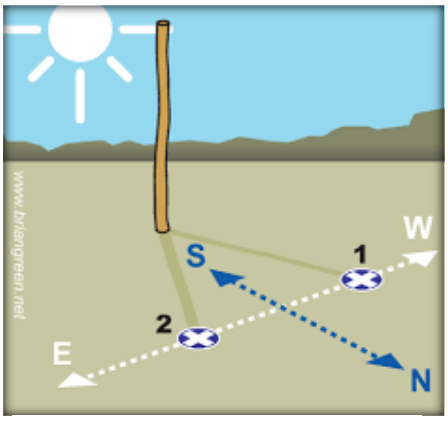
### جهت یابی با ساعت و خورشید




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(شکل۱۴-۲).

شکل۱۴-۲: جهت یابی با ساعت

### جهت‌یابی با چوب و آفتاب (سایه)



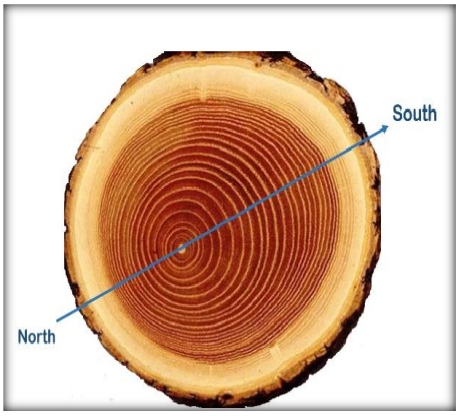

چوبی را که درازای آن حدود یک متر یا کمتر باشد انتخاب کنید. آنرا بطور عمودی در زمین فرو کنید .

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 ۱۴-۳).

شکل۱۴-۳: جهت یابی با سایه

## جهت‌یابی با مقطع درختان




شکل۱۴-۴: جهت یابی با مقطع درخت

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 شکل ۱۴-۴). لازم به ذکر است که در نیمکره جنوبی کره زمین، سمتها عکس این مطلب خواهد بود.

## ۱۴-۲ 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

شکل۱۴-۵: جهت یابی 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 W و M 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.

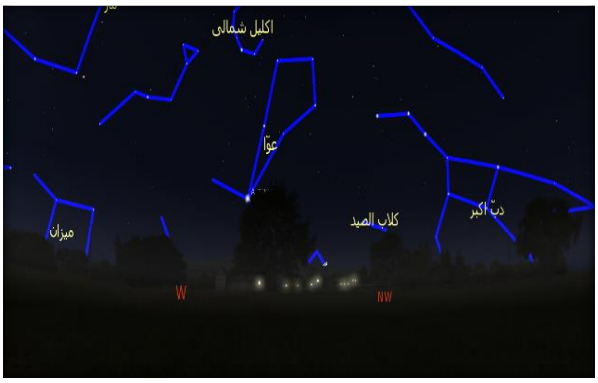
## جهت یابی با ستارگان خوشه پروین

شکل۱۴-۶: جهت یابی با خوشه پروین

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

## 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(شکل ۱۴-۷).

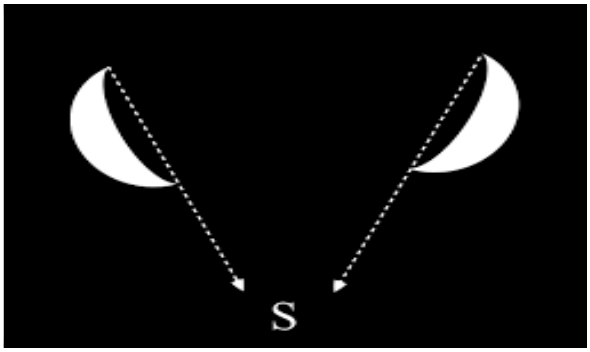



شکل۱۴-۷: جهت یابی با صورت فلکی عوا

## جهت‌یابی با ماه

تحدب (برجستگی) هلال ماه، همواره درنیمه اول ماه به سمت غرب و در نیمه دوم به سمت شرق می باشد (شکل۱۴-۸).

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




شکل۱۴-۸: 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:978-600-7729-97-7

قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش آموزی

http://nojum.src.medu.ir