

مختصات فضایی عالم

۳-۱ موقع جغرافیایی یک نقطه یا جرم سماوی

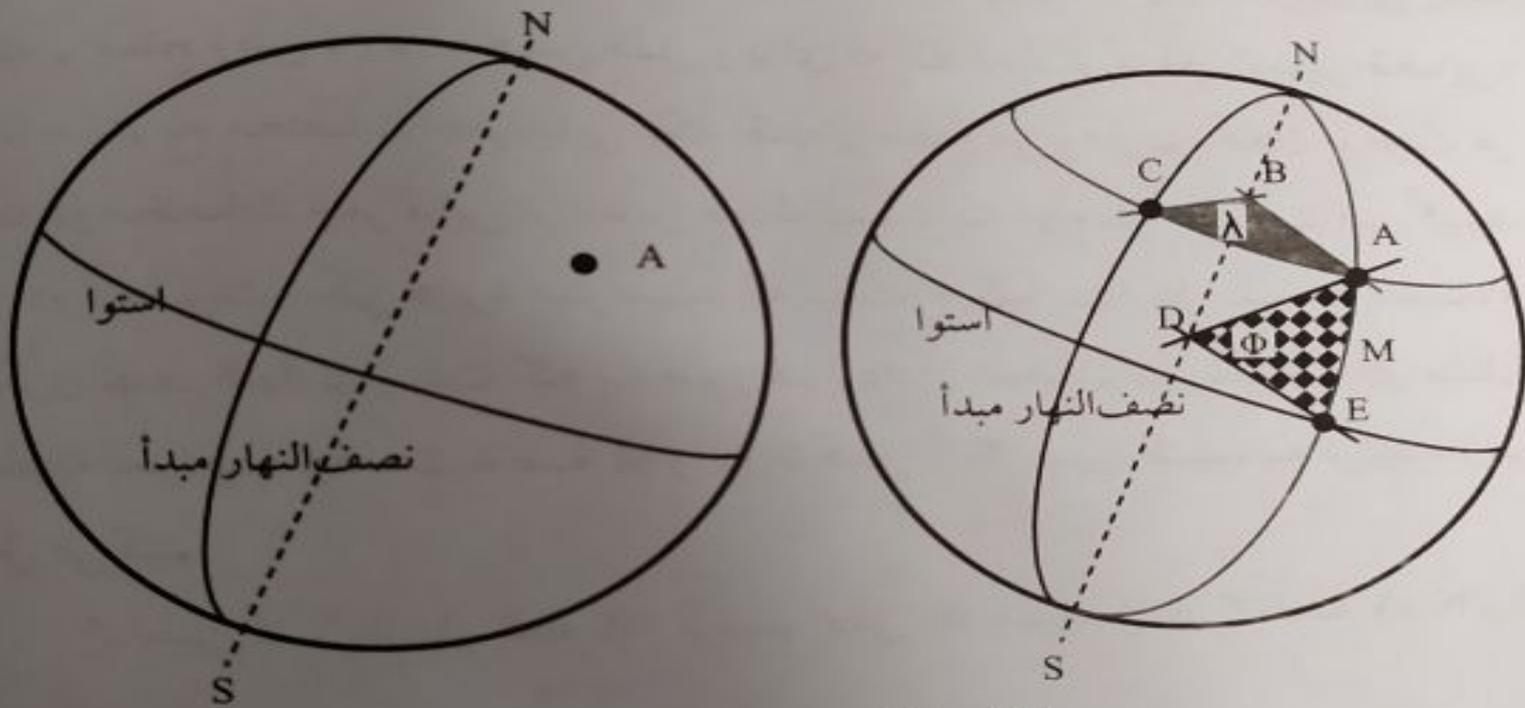
بیان موقعیت یک جرم سماوی شباهت زیادی به نحوه بیان موقعیت جغرافیایی یک نقطه بر سطح زمین دارد. به همین دلیل و برای درک آسان تر موقعیت یابی فضایی، ابتدا به تشریح مختصات جغرافیایی یک نقطه بر سطح می پردازیم. اعلان موقعیت هر نقطه در مختصات جغرافیایی بر اساس فاصله نسبت به دو مبدأ صورت می گیرد. این دو مبدأ ثابت، یکی دایره استواست، که نسبت به کلیه مدارها مشخص است، و دیگری نصف النهاری است که به طور قراردادی انتخاب می شود. برای مثال، چنانچه بخواهیم موقعیت نقطه M را در شکل ۳-۱ تعیین کنیم، به ترتیب زیر عمل می کنیم:

۱. تعیین نصف النهار نقطه M ؛ ترسیم خطی که هم زمان از ۳ نقطه A ، N و S گذر کند.

۲. تعیین مدار نقطه A ؛ ترسیم دایره ای که از نقطه A می گذرد و موازی با استوا باشد. نقطه C تلاقی این دایره را با نصف النهار مبدأ نشان می دهد. تعیین فاصله نصف النهار نقطه A تا نصف النهار مبدأ (طول جغرافیایی λ)؛ فرض کنید یک میله را از نقطه A به کره وارد می کنیم؛ این میله باید بر محور کره NS عمود باشد. اکنون میله دیگری را از نقطه C وارد می کنیم؛ این ۲ میله در نقطه B به هم می رسند. بر این

اساس، زاویه λ در مثلث ABC همان طول جغرافیایی محل مورد نظر است. این زاویه بین 0 تا 180 درجه متغیر است و با 2 نماد شرقی یا غربی تکمیل می شود.

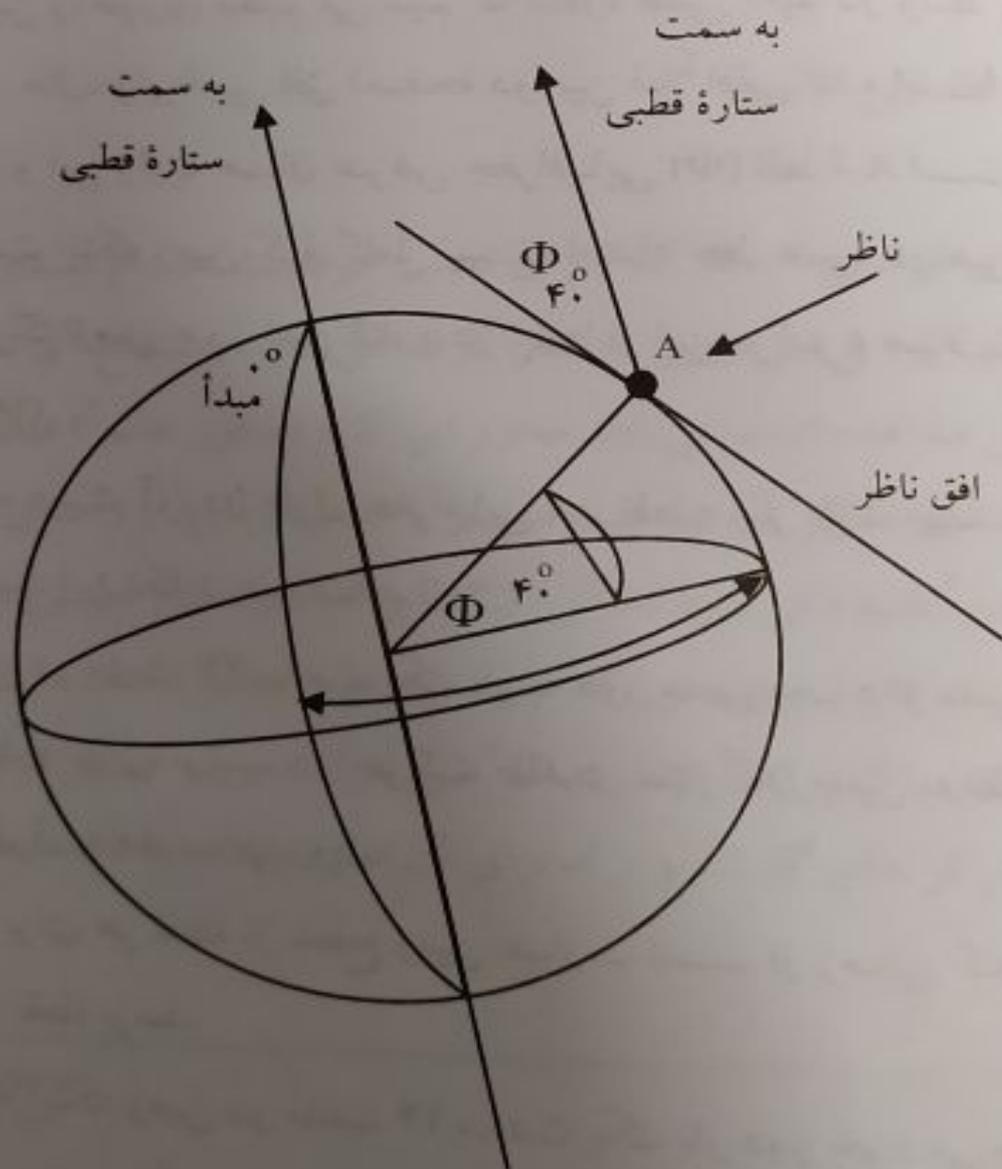
۳. تعیین فاصله مدار نقطه A تا استوا (عرض جغرافیایی Φ)؛ فرض کنید یک میله را از نقطه A به کره وارد می کنیم؛ این میله باید به مرکز کره NS برسد. اکنون میله دیگری را از نقطه E وارد می کنیم؛ این 2 میله در نقطه D به هم می رسند. بر این اساس، زاویه Φ در مثلث ADE همان عرض جغرافیایی محل مورد نظر است. این زاویه بین 0 تا 90 درجه متغیر است و با نماد شمالی یا جنوبی تکمیل می شود.



شکل ۱-۳ تعیین موقعیت نقطه A

دایره استوا مبدأیی ثابت است، ولی نصف النهار مبدأ را طبق قرارداد انتخاب می کنند. در گذشته محلی به نام نیمروز، واقع در شرق ایران، مرز غرب و شرق محسوب می شد و پس از آن، برای مدتی نیز مکه به عنوان محل عبور نصف النهار مبدأ قلمداد گردید. از دیگر مناطقی که به عنوان نصف النهار مبدأ در نظر می گرفتند نیزایر خالدهات (قناری در شمال غربی افریقا) است که آن را آخرین بخش غربی

زمین می‌پنداشتند. تا سال ۱۸۸۴ نیز نصف‌النهاری که از پاریس می‌گذشت به عنوان مبدأ مورد استفاده بود، ولی از آن به بعد، نصف‌النهار گرینویچ به عنوان مبدأ انتخاب شد و اکنون طول جغرافیایی نقاط را نسبت به آن می‌سنجند. نصف‌النهار مبدأ زمین را به دو قسمت شرقی و غربی، که قوس هر یک ۱۸۰ درجه می‌باشد، تقسیم می‌کند. قسمت‌های شرقی را طول شرقی و قسمت‌های غربی را طول غربی می‌نامیم. بنابراین، طول جغرافیایی هر نقطه عبارت است از، فاصله زاویه آن نقطه تا نصف‌النهار مبدأ و با علامت λ (لاندا) نشان داده می‌شود. عرض جغرافیایی هر نقطه نیز عبارت است از، فاصله زاویه آن نقطه تا خط استوا و با علامت Φ (فی) نشان داده می‌شود. در شکل ۲-۳ چگونگی اندازه‌گیری عرض جغرافیایی نشان داده شده است.



شکل ۲-۳ اندازه‌گیری عرض جغرافیایی

اگر از نقطه A در شکل ۲-۳ زاویه‌ای ساخته شود که اضلاعش عمود بر اضلاع زاویه Φ باشد، زاویه‌ای مساوی با آن تشکیل خواهد شد. چنین زاویه‌ای را می‌توانیم عملاً بسازیم. بدین ترتیب که یک ضلع زاویه را صفحه افق در نظر می‌گیریم و ضلع دیگر را امتدادی که از نقطه A به قطب شمال امتداد می‌یابد (عمود بر استوا) در نظر می‌گیریم؛ البته در اینجا تقریبی وجود دارد که قابل صرف نظر کردن است. بدین معنی که چون فاصله ستاره قطبی از زمین $46/6$ سال نوری و یا تقریباً $4/4 \times 10^{14}$ کیلومتر است، و با در نظر گرفتن اینکه شعاع زمین در حدود 6378 کیلومتر می‌باشد، می‌توان امتدادی را که از نقطه A به ستاره قطبی وصل می‌شود، موازی با امتداد قطب شمال (N) به ستاره قطبی دانست. پس از تعیین امتداد شمال، دوربین را طوری تنظیم می‌کنیم که ستاره قطبی دقیقاً در وسط رتیکول دیده شود. در این حال، زاویه بین افق (صفحه دوربین قبلاً افقی شده است) و ستاره قطبی را می‌خوانیم و این زاویه همان عرض جغرافیایی (Φ) نقطه A است. باید در نظر داشت، به علت اینکه زمین کره کامل نیست، امتداد خط عمود در هر نقطه (امتداد شاغول) از مرکز زمین عبور نمی‌کند و در اینجا از این موضوع صرف نظر شده است (تمدنی، ۱۳۶۶).

برای به دست آوردن طول جغرافیایی هر نقطه نیز باید چند نکته را مورد توجه قرار دهیم. این نکات عبارت‌اند از:

۱. زمین در مدت ۲۴ ساعت یک بار به دور محور خود از مغرب به مشرق حرکت می‌کند و بدین ترتیب در حرکت ظاهری ستارگان چنین به نظر می‌رسد که ستارگان از مشرق به مغرب می‌روند.
۲. ظهر برای هر نقطه از سطح زمین عبارت است از زمانی که خورشید به نصف‌النهار آن نقطه برسد.

۳. نظر به اینکه زمین در مدت ۲۴ ساعت یک بار دور خود می‌چرخد، لذا هر ۱۵ درجه آن در مدت یک ساعت از جلوی خورشید عبور می‌کند. بنابراین، از روی

اختلاف ساعت ۲ نقطه می توانیم به اختلاف طول جغرافیایی آن‌ها و یا، به عکس، با داشتن طول جغرافیایی ۲ نقطه به اختلاف ساعت آن‌ها پی ببریم.

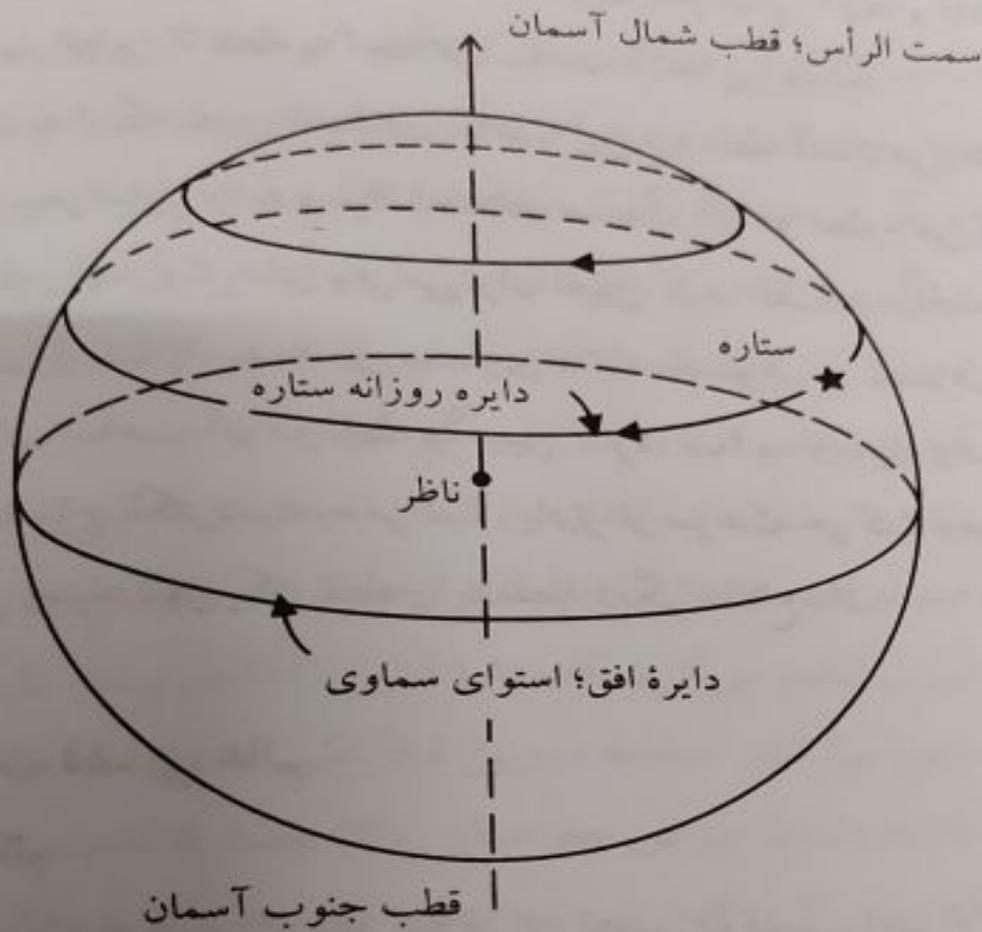
با توجه به اینکه تعیین اختلاف ساعت بین دو نقطه آسان می باشد، لذا پیوسته اختلاف طول جغرافیایی را به وسیله اختلاف ساعت آن دو معلوم می کنیم. اختلاف ساعت دو نقطه را به روش‌های زیر می توان تعیین کرد. الف) وسیله نجومی: از طریق اختلاف زمان رؤیت پدیده‌های سماوی مانند خسوف و کسوف، در دو نقطه، می توان اختلاف ساعت آن دو نقطه را معین کرد. ب) به وسیله رادیو و تلگراف: چون سرعت امواج الکترومغناطیسی به مراتب زیادتر از سرعت حرکت وضعی است، لذا می توان با این وسیله ظهر یک نقطه را به نقطه دیگر اطلاع داد.

۳-۲ مختصات فضایی عالم

۳-۲-۱ کره عالم

کره عالم^۱ کره‌ای فرضی است که برای تعیین موقعیت اجرام سماوی تعریف می شود. مرکز این کره فرضی زمین در نظر گرفته می شود و شعاع آن تا دورترین جرم سماوی قابل مشاهده ادامه می یابد. محور این کره (محور عالم^۲) منطبق بر محور زمین است و راستای شمالی آن در فضا، سرسو یا سمت الرأس^۳ و راستای جنوبی آن پاسو یا سمت القدم^۴ نامیده می شود (شکل ۳-۳). این نقاط به نام قطبین عالم (N, S) نیز خوانده می شوند. دایره عظیمه‌ای که عمود بر محور عالم باشد، استوای عالم و دایره صغیره موازی با آن را مدارات عالم^۵ می خوانند و به همین ترتیب، دایره عظیمه‌ای که از مرکز عالم گذشته و بر استوای آن عمود باشند، به نام نصف النهارات^۶ خوانده می شوند.

1. Celestial Sphere
2. Celestial Axis
3. Zenith
4. Nadir
5. Parallel
6. Meridian

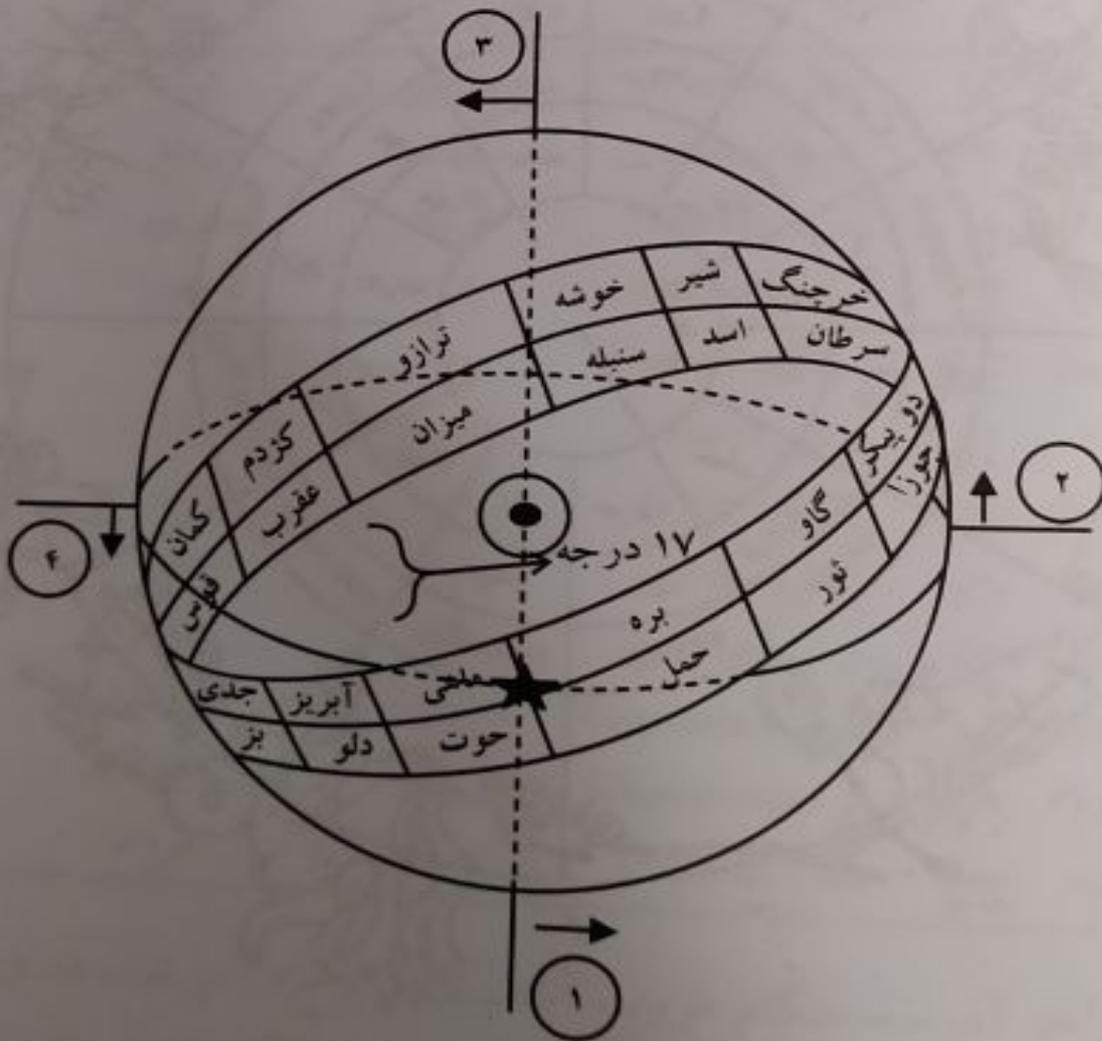


شکل ۳-۳ کره عالم

۳-۲-۲ دایره البروج^۱ و منطقه البروج^۲

دایره عظیمه‌ای که از مرکز عالم گذشته و با استوای آن زاویه ۲۳ درجه و ۲۷ دقیقه می‌سازد، دایره البروج است. به عبارت دیگر، صفحه‌ای است که مدار گردش سالانه زمین به دور خورشید در آن قرار دارد (مسیر سالانه حرکت ظاهری خورشید در میان ستارگان). دو نقطه تلاقی بین دایره البروج و استوای سماوی اعتدال بهاری و اعتدال پاییزی نامیده می‌شوند. وقتی خورشید در نقطه اعتدال بهاری (زاویه صفر درجه) قرار می‌گیرد، فصل بهار در نیم کره شمالی و فصل پاییز در نیم کره جنوبی

آغاز می شود و وقتی خورشید در نقطه اعتدال پاییزی (زاویه ۱۸۰ درجه) قرار می گیرد، فصل پاییز در نیم کره شمالی و فصل بهار در نیم کره جنوبی آغاز می شود. در مقابل، خورشید بر روی دایره البروج به دو نقطه مقابل هم می رسد که بیشترین انحراف زاویه ای از استوای سماوی را دارند که رأس السرطان در نیمه شمالی آسمان و رأس الجدی در نیمه جنوبی آسمان می باشند و به دو نقطه انقلابین تابستانی و زمستانی مشهورند. با حرکت زمین در مدار خودش به نظر می رسد که خورشید روی دایره البروج (دایره خط چین) حرکت می کند (شکل ۳-۴). این دایره در حقیقت مدار حرکت انتقالی زمین را به دور کره خورشید مشخص می کند و در واقع طرح مدار زمین بر کره آسمان است، یعنی دایره ای است که از تلاقی سطح مدار حرکت انتقالی زمین با کره آسمان، که آن را اصطلاحاً فلک ثوابت نامیده اند، پیدا می شود.



شکل ۳-۴ دایره البروج و منطقه البروج

منطقه البروج نیز نوار باریکی از کره سماوی است که نسبت به دایره البروج قرینه می‌باشد، یعنی به فاصله ۸/۵ درجه در دو طرف دایره البروج واقع شده است و سیارات منظومه خورشیدی در همین منطقه از عالم قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر، خورشید در مسیر حرکت ظاهری سالانه خود نواری از کره فلکی را می‌پیماید. این نوار به ۱۲ بخش تقریباً مساوی تقسیم شده است و در هر بخش یک صورت فلکی وجود دارد که آن را یک برج می‌نامند و به این نوار از کره فلکی منطقه البروج می‌گویند (شکل ۳-۵). در هر فصل از سال، به هنگام شب، صورت‌های فلکی خاصی در منطقه البروج دیده می‌شوند. معمولاً در فصل زمستان صورت‌های فلکی جدی، دلو



شکل ۳-۵ صور فلکی دوازده گانه

و حوت، در فصل بهار حمل، ثور، و جوزا، در فصل تابستان سرطان، اسد، و سنبله، و سرانجام در فصل پاییز میزان، عقرب، و قوس را می‌توان در طول شب رؤیت کرد. هر یک از برج‌های دوازده گانه، چنان‌که ذکر شد، تقریباً در زمان معینی از سال و در مکان مشخصی از آسمان دیده می‌شوند. به عنوان مثال، صورت فلکی حوت را در نظر بگیرید. این صورت فلکی در روز اول پاییز، هنگام طلوع آفتاب، در افق غروب می‌کند، یعنی با خورشید ۱۸۰ درجه فاصله دارد؛ از نظر نجومی به این حالت مقابله گفته می‌شود (جدول ۳-۱).

جدول ۳-۱ زمان مشاهده بروج دوازده گانه

نام و تلفظ مصطلح صورت فلکی	نماد برج	معادل لاتین و ترجمه فارسی	قران	تربیع	تقابل
			برج هم‌زمان با طلوع آفتاب	برج هنگام طلوع در اواسط	برج هنگام طلوع آفتاب
			در افق شرقی طلوع می‌کند	آسمان دیده می‌شود	در افق غروب می‌کند
حوت (Hoot)		ماهی (Pisces)	فروردین	تیر	مهر
حمل (Hamal)		قوچ (Aries)	اردیبهشت	مرداد	آبان
ثور (Soar)		گاو نر (Taurus)	خرداد	شهریور	آذر
جوزا (Jouza)		دوقلو (Gemini)	تیر	مهر	دی
سرطان (Saratan)		خرچنگ (Cancer)	مرداد	آبان	بهمن
اسد (Asad)		شیر (Leo)	شهریور	آذر	اسفند
سنبله (Sonboleh)		باکره (Virgo)	مهر	دی	فروردین
میزان (Mizan)		ترازو (Libra)	آبان	بهمن	اردیبهشت
عقرب (Aghrab)		عقرب (Scorpius)	آذر	اسفند	خرداد
قوس (Ghous)		کماندار (Sagittarius)	دی	فروردین	تیر
جدی (Jadi)		بز نر (Capricornus)	بهمن	اردیبهشت	مرداد
دلو (Dalv)		سقا (Aquarius)	اسفند	خرداد	شهریور

در اواخر آذرماه، هنگام غروب آفتاب، این برج را می‌توان در وسط قسمت جنوبی آسمان در نیم کره شمالی مشاهده کرد. یعنی در مدت ۳ ماه به اندازه ۹۰ درجه

از حرکت خورشید جلو افتاده و فاصله خود را با خورشید به ۲۷۰ درجه رسانیده است (حالت تریس). پس از ۳ ماه، یعنی در روز اول فروردین، برج حوت همراه با خورشید طلوع و غروب می کند و فاصله آن با خورشید صفر یا ۳۶۰ درجه است (حالت مقارنه). پس این صورت فلکی در هر شبانه روز یک درجه از آفتاب جلوتر می افتد و در اول تیرماه (۳ ماه بعد) این برج هنگام نیمه شب از افق شرقی طلوع می کند و از این رو، هنگام طلوع آفتاب برج حوت باید در اواسط آسمان باشد. این بدان معنی است که این برج ۲ بار در حدود ۹۰ درجه از آفتاب جلو افتاده است. خلاصه مطلب اینکه، ظاهراً حوت، و بر همین قیاس دیگر بروج دوازده گانه، در هر سال یک بار به دور زمین می گردند (مستشاری، بی تا).

۳-۲-۳ دستگاه مختصات نجومی

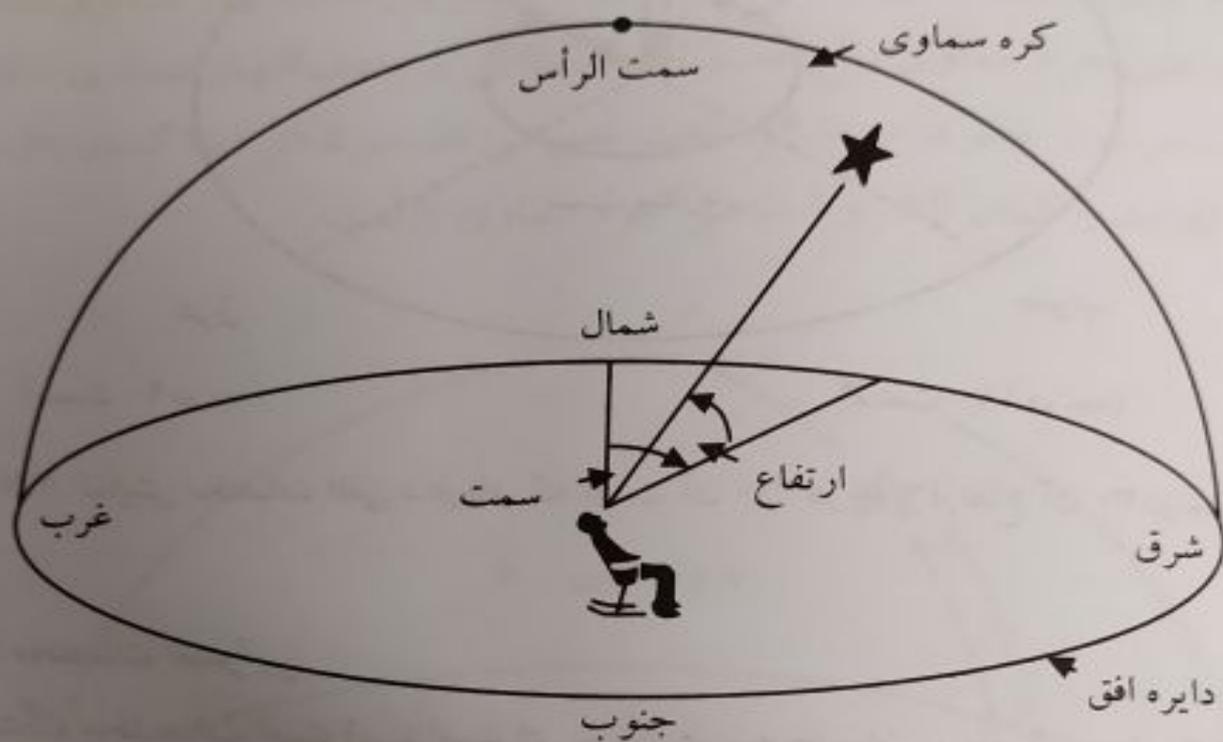
برای بیان موقعیت اجرام سماوی باید پیش از هر کار یک مبدأ و دستگاه مختصات انتخاب کنیم. در ستاره شناسی، به علت تنوع مطالعات، صفحه های اصلی و مبدأهای اندازه گیری متفاوتی تعریف و استفاده می شوند، به همین دلیل است که دستگاه های مختصات نجومی مختلفی وضع شده اند که مهم ترین آنها در ذیل تشریح می شوند.

دستگاه مختصات افقی

در دستگاه مختصات افقی، افق ناظر (یعنی صفحه مماس بر سطح زمین در محل ناظر) به عنوان صفحه اصلی انتخاب می شود و با استفاده از سطح افق و امتداد شمال و جنوب موقعیت ستارگان را در هر زمان مشخص می کنند. در دستگاه مختصات افقی، محل هر جرم سماوی به وسیله «ارتفاع با علامت اختصاری a» و «سمت با علامت اختصاری A» مشخص می شود.

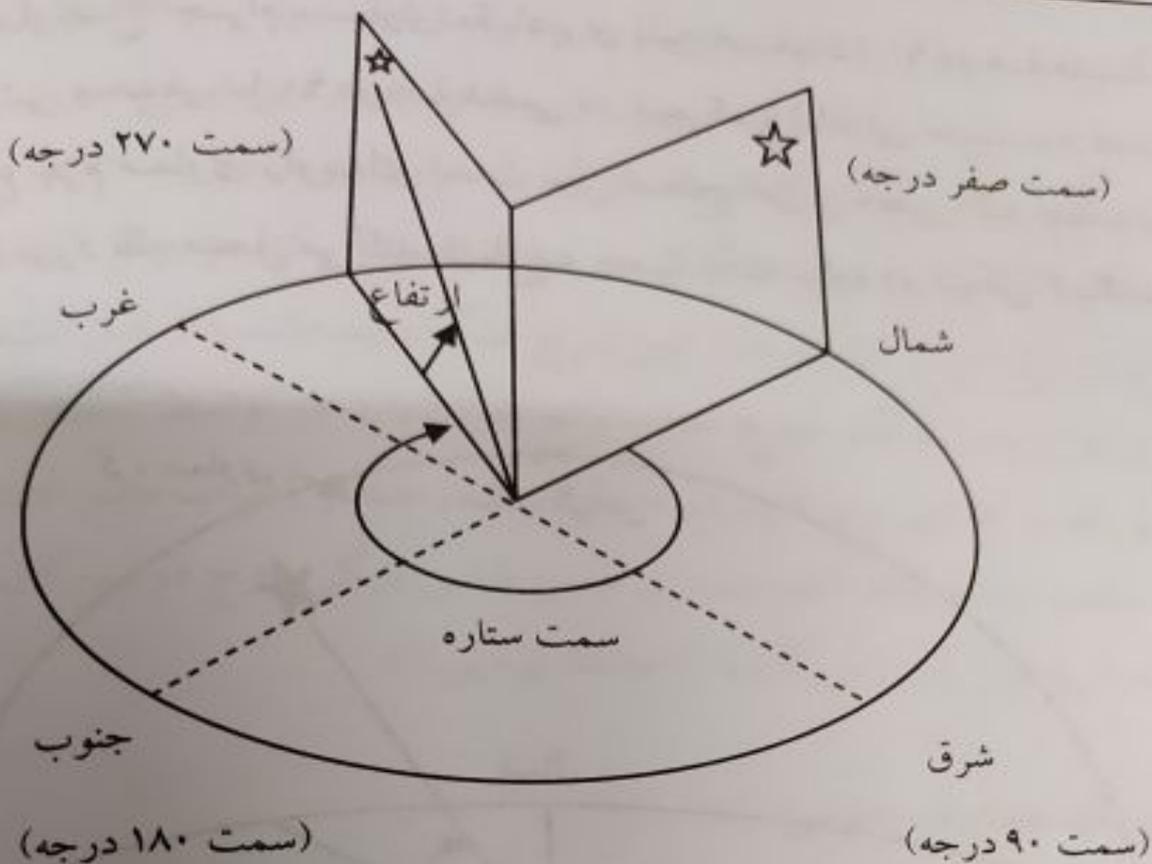
کماتی که از دایره قائم جرم سماوی (نصف النهار جرم سماوی) واقع بین افق سماوی ناظر و جرم سماوی مورد نظر می گذرد ارتفاع آن جرم سماوی

می گویند. ارتفاع اجرام سماوی مقادیری بین صفر تا ۹۰ درجه مثبت در نیم کره مرئی و صفر تا ۹۰ درجه منفی در نیم کره نامرئی است. به عبارت دیگر، ارتفاع جرم سماوی زاویه‌ای است بین سطح افق و خطی که چشم ناظر را به ستاره مورد نظر متصل می کند. ارتفاع و سمت یک ستاره در شکل ۳-۶ نشان داده شده است.



شکل ۳-۶ ارتفاع و سمت یک ستاره

سمت جرم سماوی برابر طول کمانی از افق سماوی ناظر واقع بین نقطه شمال جغرافیایی و نقطه تقاطع دایره قائم جرم سماوی (نصف النهار جرم سماوی) با افق سماوی ناظر است. سمت جرم سماوی از شمال جغرافیایی در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بین مقادیر صفر تا ۳۶۰ درجه است. به عبارت دیگر، سمت هر جرم سماوی اندازه زاویه‌ای است بین دو صفحه فرضی که هر دو بر سطح افق عمودند. یکی صفحه ناظر و ستاره مورد نظر و دیگری ناظر و ستاره شمال را دربرمی گیرند. در شکل ۳-۷ مختصات افقی ستاره‌ای با سمت ۳۱۰ درجه و ارتفاع ۳۰ درجه ترسیم شده است.



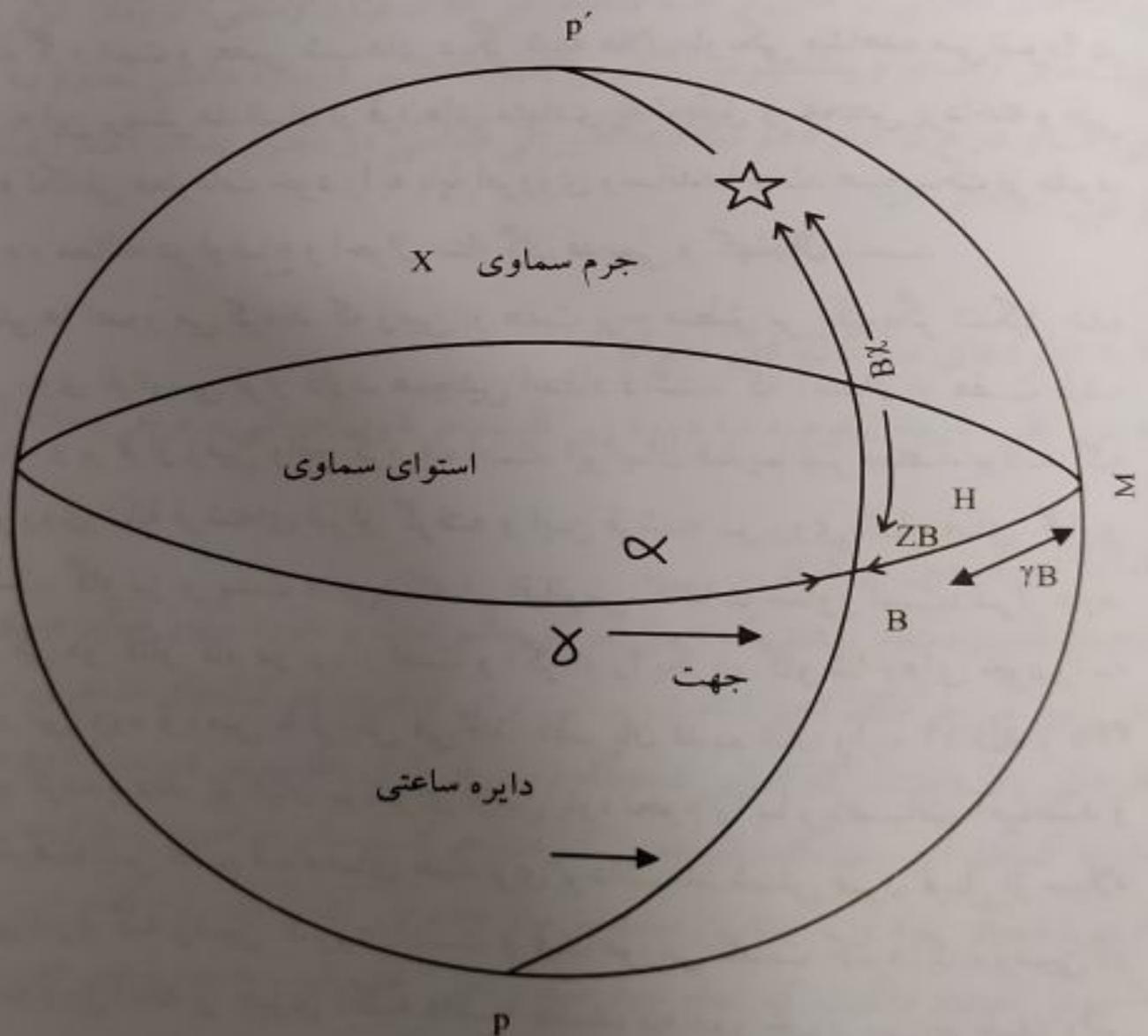
شکل ۳-۷ نمایش مختصات افقی ستاره‌ای که سمت آن ۳۱۰ درجه و ارتفاع آن ۳۰ درجه است.

دستگاه مختصات استوایی

در دستگاه مختصات استوایی، استوای سماوی به عنوان صفحه اصلی انتخاب می‌شود، لیکن ۲ مبدأ اندازه‌گیری متفاوت در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین، دو دستگاه مختصات استوایی وجود دارد. در یکی از آنها نقطه اعتدال فروردین به عنوان مبدأ اندازه‌گیری به کار می‌رود. در این دستگاه مختصات، محل هر جرم سماوی با «میل» و «بُعد» مشخص می‌شود که به ترتیب با δ (دلتا) و α (آلفا) نشان داده می‌شوند. میل هر جرم سماوی برابر با طول کمانی از دایره ساعتی جرم سماوی (نصف‌النهار سماوی، دایره‌ای که از قطبین سماوی و جرم سماوی می‌گذرد) است که بین استوای سماوی و جرم سماوی واقع می‌شود و بُعد، طول کمانی از استوای سماوی است که بین نقطه اعتدال فروردین و نقطه تقاطع دایره ساعتی جرم سماوی با استوای سماوی واقع می‌گردد (شکل ۳-۸).

میل که در نیم کره شمالی سماوی، مثبت و در نیم کره جنوبی سماوی، منفی

در نظر گرفته می‌شود، می‌تواند مقادیر صفر تا ۹۰ درجه را دارا شود. بُعد اجرام سماوی از نقطه اعتدال فروردین به طرف مشرق از صفر تا ۲۴ ساعت (یا از صفر تا ۳۶۰ درجه) تغییر می‌کند. در دستگاه مختصات استوایی دیگر نصف‌النهار سماوی ناظر به عنوان مبدأ اندازه‌گیری انتخاب می‌شود. در این دستگاه مختصات، مختصات هر جرم سماوی عبارت‌اند از: میل و زاویه ساعتی. زاویه ساعتی جرم سماوی، که علامت اختصاری آن H می‌باشد، برابر با طول کمانی از استوای سماوی است که بین نصف‌النهار سماوی ناظر و دایره ساعتی جرم سماوی واقع است. زاویه ساعتی از نصف‌النهار سماوی ناظر به طرف مغرب از صفر درجه تا ۲۴ ساعت تغییر می‌کند. در شکل ۳-۸ کمان $\beta\chi$ میل، کمان $\gamma\beta$ بُعد و کمان $\Sigma\beta$ زاویه ساعتی جرم سماوی X است.



شکل ۳-۸ نمایش میل و زاویه ساعتی