بسم الله الرحمن الرحیم

# مروری بر نجوم کروی المپیادی

## از صفر تا صد

گروه المپیاد نجوم دبیرستان علامه طباطبایی تهران(ادونس)

مقدمه: در این درسنامه سعی شده است تا مباحثی را که برای شرکت در المپیاد نجوم و اخترفیزیک در رابطه با درس نجوم کروی نیاز است را به طور خلاصه ولی مفید بیان کنیم تا کسانی که دسترسی به کتاب های نجوم کروی ندارند و یا اینکه وقت کافی برای خواندن آن کتاب ها ندارند, بتوانند خیلی سریع به مباحث نجوم کروی تسلط پیدا کرده و در مسائل کروی مشکلی نداشته باشند.

در این درسنامه از ابتدای نجوم کروی شروع خواهیم کرد و تمامی مباحث مهم و ضروری را که در المپیاد نجوم به آن نیاز دارید را بیان می کنیم و در این راستا فرمول های ضروری را اثبات می کنیم.

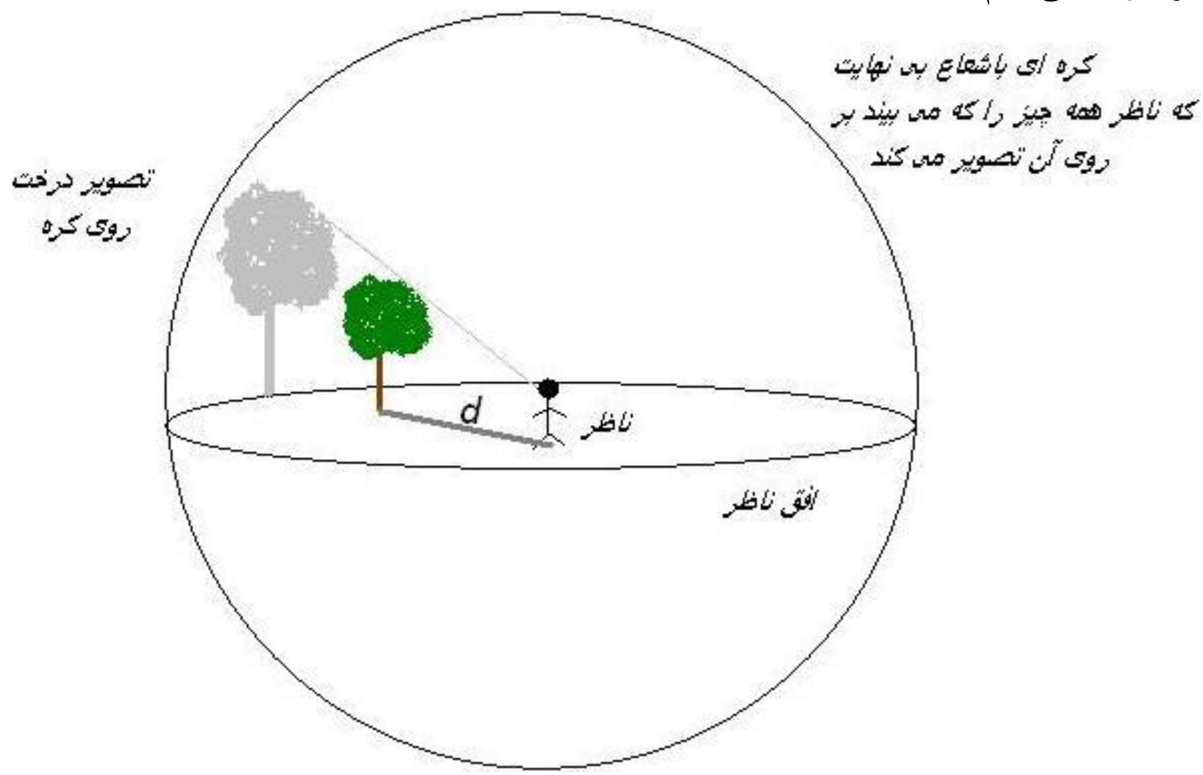
ولی بدلیل جلوگیری از وقت گیر شدن و زیاد شدن این درسنامه از اثبات چندی از فرمول های اولیه خودداری می کنیم.

موفق باشید و سربلند

علی زینالی

هر ناظر وقتی به اطراف خود نگاه می کند اگر از درک سه بعدی او صرف نظر کنیم, تمامی چیزهایی که می بیند را در بی نهایت خود بر روی کره ای تصویر میکند که مرکز کره خود ناظر است و شعاع آن بی نهایت است. می گوییم بی نهایت چون بتواند تمامی چیزهایی که در اطرافش وجود دارد را در یک کره نشان دهد.

در نجوم کروی ما تنها به قطر زاویه ای اجسام و یا زاویه ی بین دو راستا توجه می کنیم و طول پاره‌خطها اهمیتی **ندارد**. در شکل زیر این مفهوم را می فهمید که ما فقط به تصویر اجسام بر روی این کره توجه می کنیم .

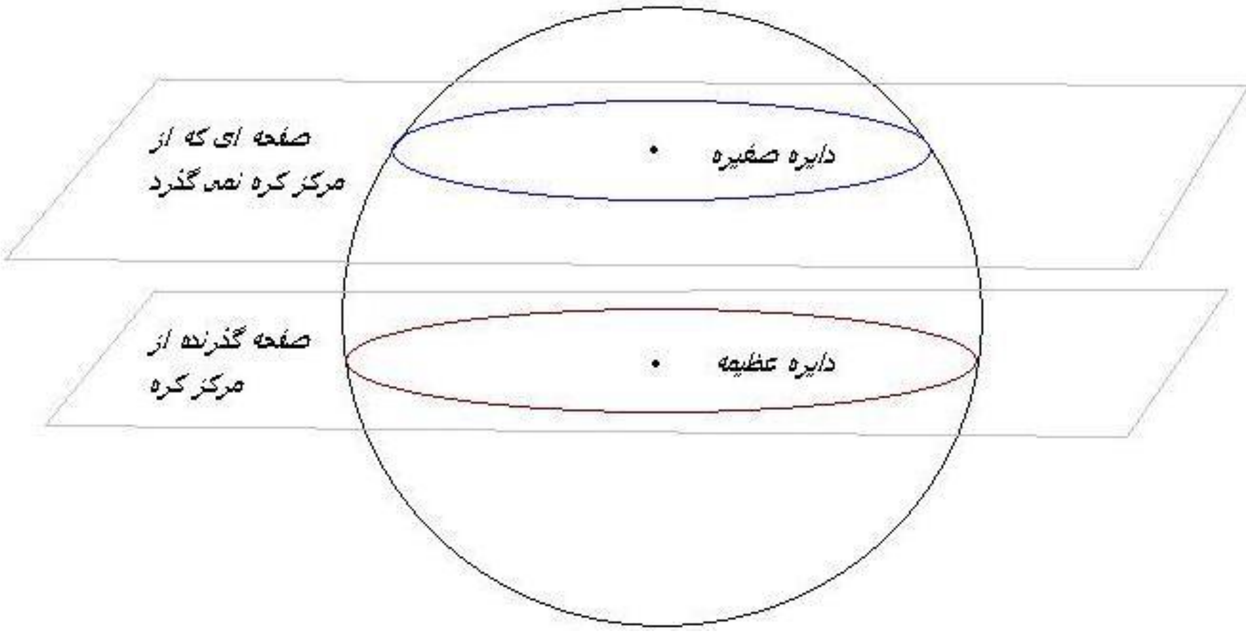



افق: در نجوم کروی مرز میان آسمان و زمین را افق می‌نامیم. افق کسی که روی سطح زمین است و هیچ چیز مزاحمتی برایش در دیدن آسمان ایجاد نمی‌کند یک صفحه است ولی مثلا افق کسی که بر روی کوهی بلند ایستاده است (نه در قله آن) یک صفحه نیست چون خود کوه برای دیدن آسمان او مزاحمت ایجاد می کند.

ولی در اکثر سوالات المپیاد افق همان مورد اول می باشد.

دایره عظیمه و صغیره: اگر کره ای داشته باشیم و آن را با صفحه ای قطع کنیم ؛مرز مشترک صفحه و کره یک دایره است. اگر صفحه ما از مرکز کره بگذرد به آن دایره ,دایره عظیمه می گویند.

و اگر صفحه از مرکز کره نگذرد به آن دایره, دایره صغیره می گویند. در شکل زیر دوایر عظیمه و صغیره مشخص شده‌اند.

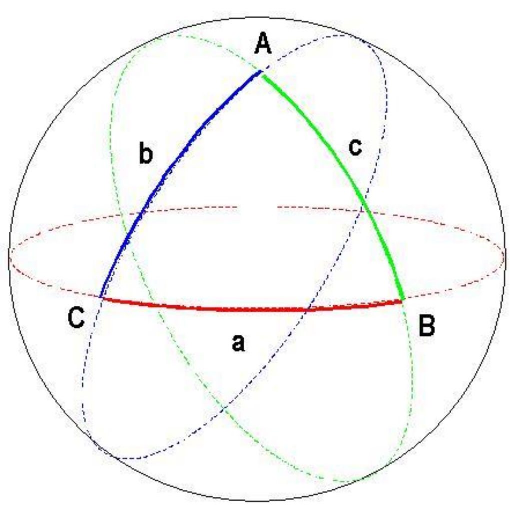



مرکز دایره عظیمه همان مرکز کره می‌باشد.

مثلث کروی: اگر سه دایره عظیمه روی کره ای رسم کنیم به طوری که نقاط تقاطع هیچ جفت دوتایی از آن دوایر یکی نباشد در مجموع ۶ نقطه تقاطع بوجود می آید. اگر ۳ نقطه از این ۶ نقطه را طوری انتخاب کنیم که هرسه آنها بر روی یک دایره عظیمه نباشند, آن ۳ نقطه یک مثلث کروی تشکیل می‌دهند.

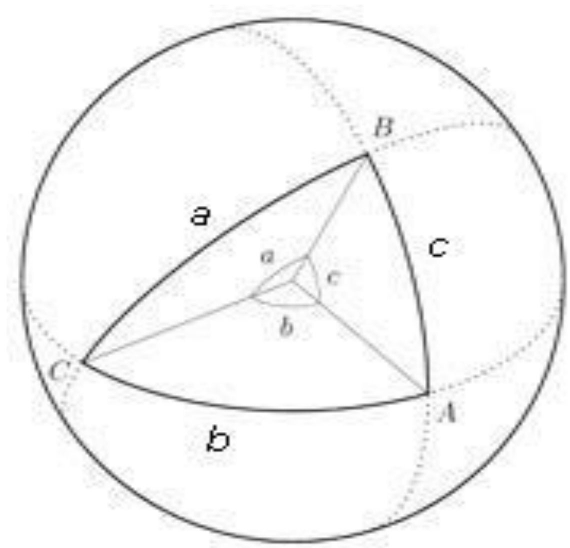
دقت کنید که مثلث کروی **فقط** از دایره عظیمه تشکیل می شود نه دایره صغیره.

در شکل زیر مثلثی کروی را مشاهده می‌کنید.



مثلث کروی تمامی اجزایش زاویه هستند و طول برای آن معنی ندارد مثلا در مثلث کروی شکل بالا, مثلث دارای ۳ زاویه به اندازه های A,B,C و ۳ ضلع به اندازه های a,b,c می باشد که اضلاع نیز از جنس زاویه می‌باشند.

طول ضلع یک مثلث کروی برابر اندازه زاویه حامل آن ضلع می‌باشد که مرکز زاویه در مرکز کره واقع است. مثل شکل زیر:




روابط موجود در مثلث کروی: مانند مثلث مسطحه که بین اضلاع و زوایایش روابطی برقرار است در مثلث کروی نیز چنین روابطی وجود دارد.

برای مثلث کروی موجود در شکل بالا داریم:

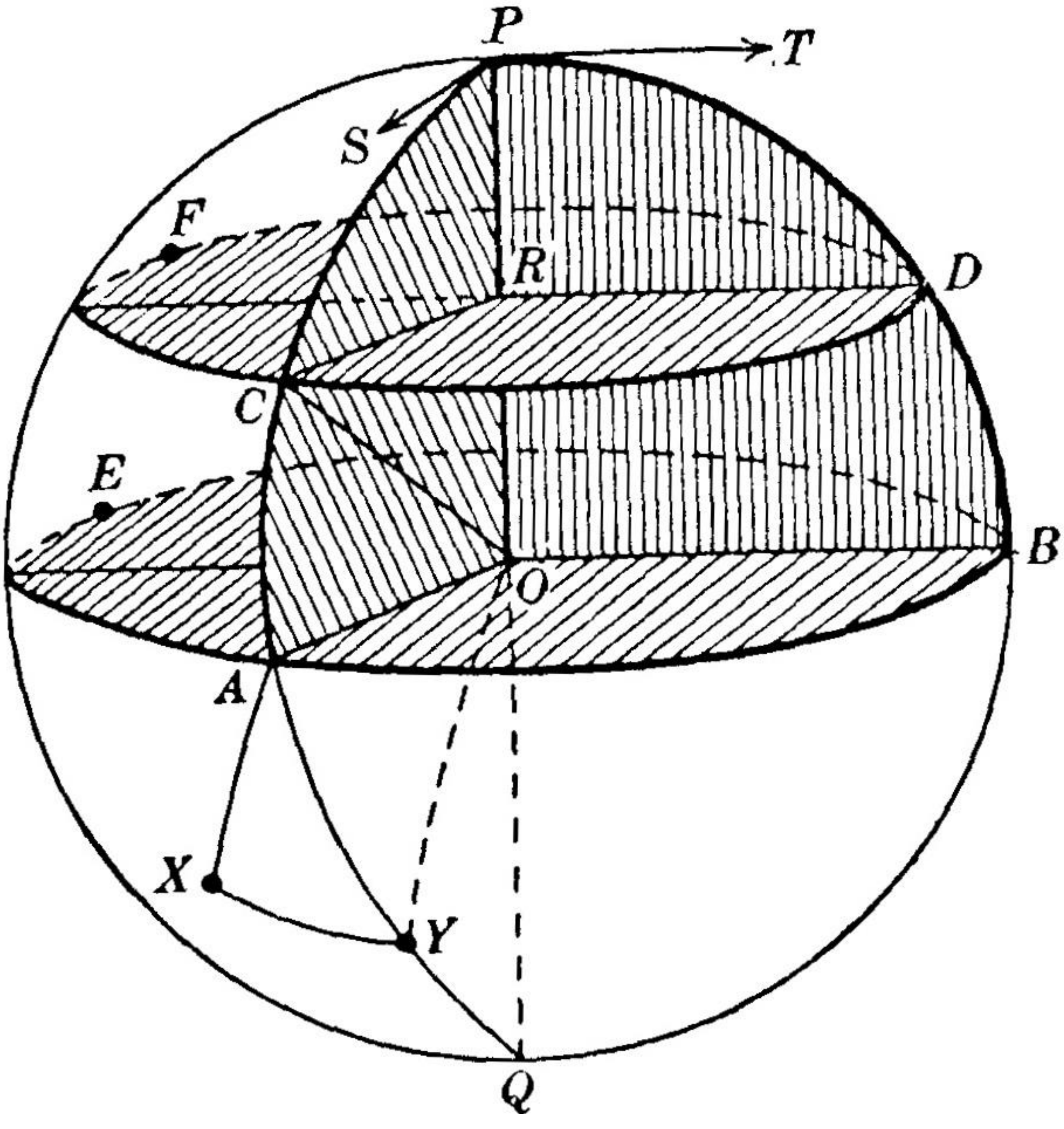
**روابط بین اجزای مثلث کروی**

| | |
|---|---|
| $\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c}$ | رابطه سینوس ها |
| $\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$<br>$\cos b = \cos c \cos a + \sin c \sin a \cos B$<br>$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$ | رابطه کسینوس ها |
| $\cos a \cos C = \sin a \cot b - \sin C \cot B$ | رابطه چهار جزئی |

این روابط خیلی مهم هستند و جزء پایه نجوم کروی به حساب می آیند. **حتما آنها را حفظ کنید.**

**نکته**: کوتاهترین فاصله بین دو نقطه روی یک کره برابر است با کمان متناظر با **دایره عظیمه** واصل بین آن دو نقطه.

**تمرین**: نشان دهید طول کمان قسمتی از یک دایره صغیره برابر است با اندازه زاویه متناظر با آن کمان ضرب در کسینوس زاویه بین دایره صغیره و دایره عظیمه موازی با آن یعنی در شکل زیر:




$$\widehat{CD} = \widehat{AB}\cos(AOC >)$$

**کره سماوی**: از نظر ناظری روی سطح زمین آسمان در نیمکره ای قابل رویت می باشد. به این کره, کره آسمان یا کره سماوی می گویند.

**سمت الراس**: به نقطه ای از کره سماوی که دقیقا در راستای سر ناظر قرار دارد سمت الراس یا سرسو می‌گویند. این نقطه را معمولا با Z نمایش می‌دهند.

**پاسو**: به نقطه ای از کره سماوی که دقیقا در راستای پای ناظر قرار دارد پاسو می‌گویند. دقت کنید که پاسو زیر افق می‌باشد.

**قطب شمال سماوی**: به نقطه ای روی کره سماوی که در راستای محور چرخش زمین به دور خودش می باشد, قطب شمال سماوی می‌گویند. این نقطه را با NCP و یا به اختصار با P نمایش می‌دهند.

راستای شمال را معمولا با N, راستای جنوب را با S و راستای شرق و غرب را به ترتیب با E وW نمایش می دهند و همگی این ۴ راستا بر روی افق قرار دارد.

**قائم مبدا**: به نصف النهاری که از سمت الراس و راستای غرب و یا شرق می گذرد, قائم مبدا می‌گویند.

**نصف النهار ناظر**: نصف النهاری که از قطب شمال سماوی, سمت الراس و راستای جنوب می‌گذرد نصف النهار ناظر می‌گویند.

**استوای سماوی**: به دایره عظیمه ای که نقاط آن ۹۰ درجه از قطب شمال سماوی فاصله دارند ,استوای سماوی می‌گویند.

در اینجا قطب شمال سماوی, **قطبِ** دایره استوا می باشد.

**دستگاه مختصات سمتی-ارتفاعی:** هر نقطه روی کره سماوی را می شود با دو مولفه نمایش داد. در سیستم سمتی-ارتفاعی دو مولفه سمت وارتفاع را به صورت زیر تعریف می‌کنیم.

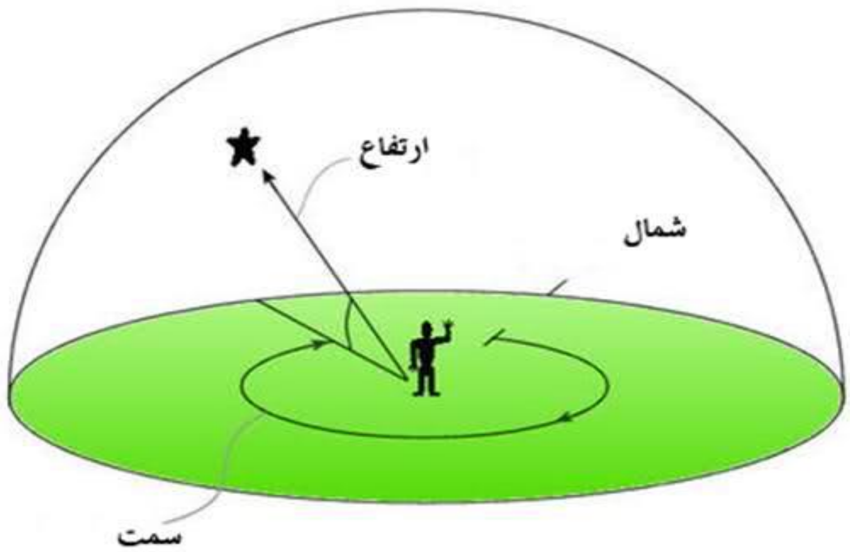
ارتفاع: اگر از هر نقطه روی کره سماوی به افق ناظر عمود کنیم به زاویه بین نقطه ما و نقطه عمود شده ارتفاع آن نقطه می‌گوند.

به متمم ارتفاع, یعنی فاصله ستاره تا سمت الراس, **فاصله سمت الراسی** آن ستاره می گویند و آن را با z نشان می دهند.

سمت: به زاویه بین نقطه عمود شده تا راستای شمال سمت آن نقطه می گویند. سمت می تواند از شرق سنجیده شود و یا ازغرب.

در شکل زیر سمت و ارتفاع را می بینید. در اینجا سمت از شرق سنجیده شده که به آن **سمت شرقی** نیز می‌گویند.

به سمتی که از غرب سنجیده شده باشد نیز **سمت غربی** می‌گویند.




بدلیل آنکه ستارگان در طی گذر زمان با طلوع و غروبشان دارای سمت و ارتفاع های متفاوتی می‌باشند دستگاه مختصات های دیگری تعریف می کنیم که این مشکل را نداشته باشند.

**دستگاه مختصات قطبی:** در این دستگاه مختصات دو مولفه میل و زاویه ساعتی را به شکل زیر تعریف می‌کنیم:

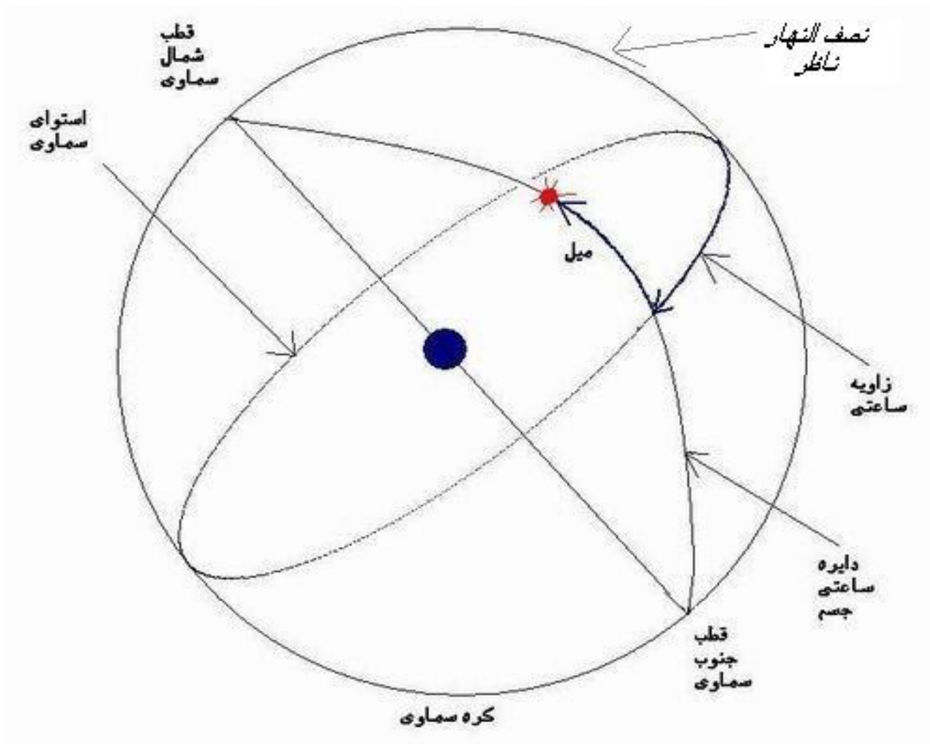
**میل**: از نقطه ای دلخواه بر استوا سماوی عمود می‌کنیم. به فاصله زاویه ای بین نقطه عمود ونقطه ما **میل** آن نقطه می‌گویند. میل یک ستاره ثابت است و به زمان ربطی ندارد. میل بین ۹۰- تا ۹۰+ می‌باشد.

**زاویه ساعتی**: به زاویه بین نقطه عمود تا نصف النهار ناظر را زاویه ساعتی آن نقطه می‌گویند. زاویه‌ساعتی در راستای غرب سنجیده می‌شود. زاویه ساعتی یک ستاره به زمان ربط دارد و به صورت خطی با زمان تغییر می‌کند.

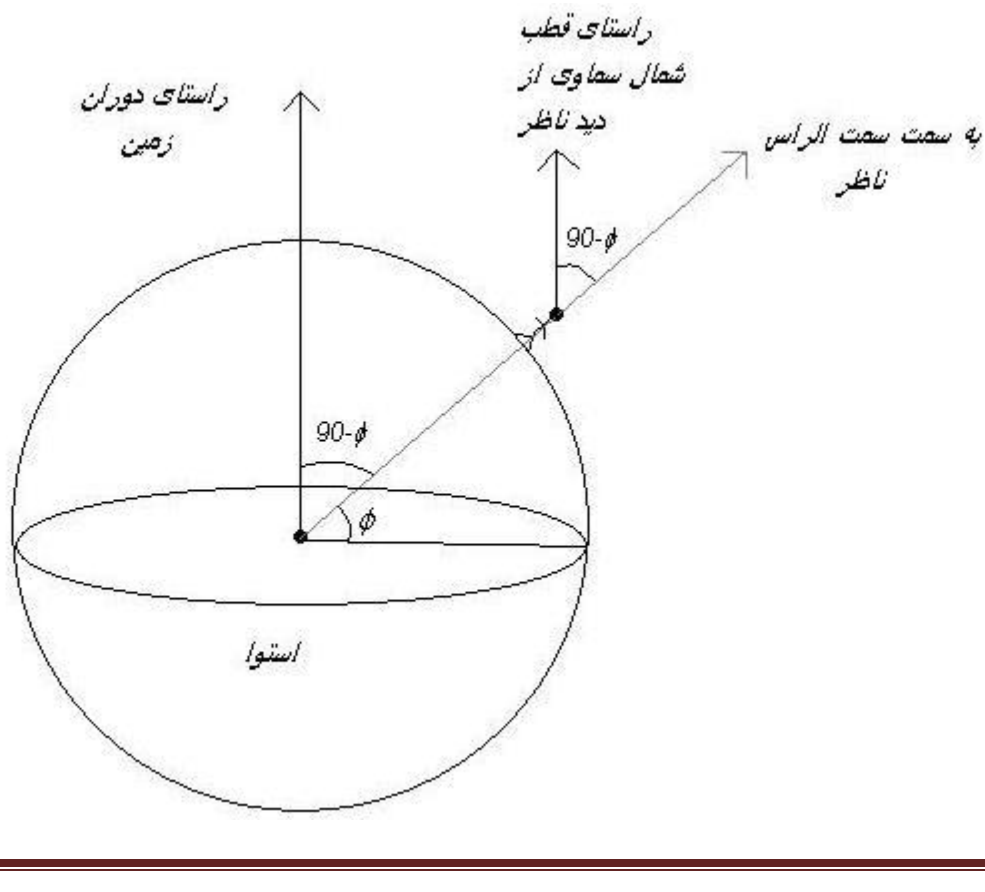
حرکت ستارگان(از دید ناظر) در طی زمان در دایره صغیره ای انجام می گیرد که موازی استوا قرار دارد. البته برای ستارگانی که روی استوا قرار دارند (میلشان ۰) است این حرکت روی دایره عظیمه انجام می شود.

ستارگان از نزدیکی شرق طلوع کرده و در نزدیکی غرب غروب می کنند.

در شکل صفحه بعد وضعیت یک ستاره را با مختصاتش می‌بینید.




زاویه بین سمت رالراس ناظر و قطب شمال سماوی برابر است با φ-۹۰ (طبق شکل زیر):

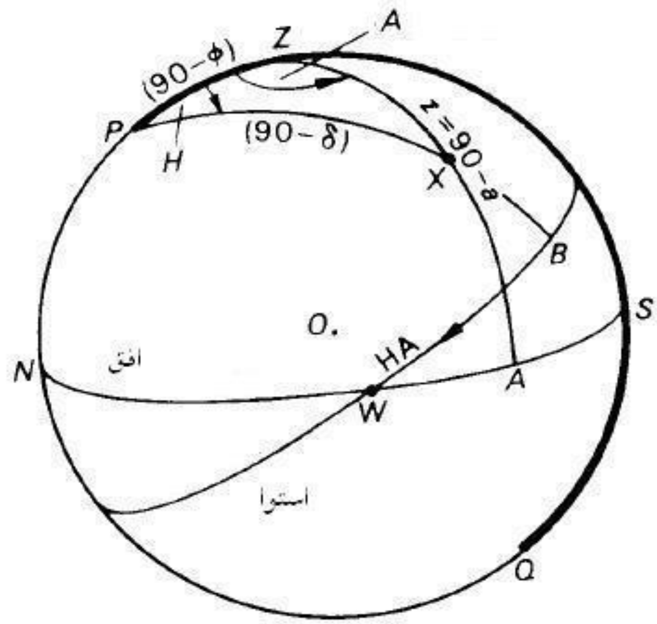


پس مختصات قطب شمال سماوی به صورت زیر است:

سمت=۰ ,ارتفاع= φ ,میل=۹۰ و برای قطب شمال سماوی زاویه ساعتی تعریف نمی‌شود.

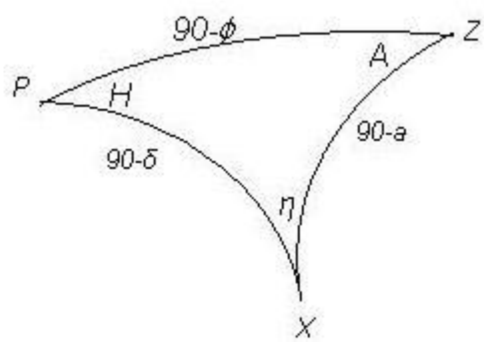
سمت را معمولا با A نمایش می‌دهند. ارتفاع را معمولا با a یا h نمایش می‌دهند. زاویه ساعتی را با H نشان می‌دهند و میل را نیز با δ (دلتا) نشان می‌دهند.

برای هر ستاره x اگر مثلث کروی x-z-p را تشکیل دهیم مثلث کروی به شکل زیر می‌شود.




از این به بعد هرگاه از این مثلث کروی استفاده می کنید باید دقت کنید که سمت در اینجا از غرب سنجیده شده است.

پس اجزای این مثلث را **حفظ** کنید. به زاویه ی p-x-z نیز زاویه اختلاف منظر می‌گویند و با η نشانش می‌دهند.




حال برای تمرین بیشتر مساله ای را با هم حل می‌کنیم.

**مثال**: ناظری در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه به ستاره ای که میل ۲۰ درجه دارد نگاه می کند. او ارتفاع ستاره را ۱۵ درجه حساب می‌کند. زاویه ساعتی ستاره را حساب کنید. ستاره در چه زاویه ساعتی ای غروب خواهد کرد؟

**جواب**: با نوشتن فرمول کسینوس ها در مثلث کروی معروف داریم:

$$Sin\ (a)\ = Sin\ (\phi).Sin(\delta)\ +\ Cos\ (\phi).Cos(\delta).Cos(H)$$

$$\Rightarrow\ \cos(H) = \frac{Sin(a)-Sin(\phi).Sin(\delta)}{Cos(\phi).Cos(\delta)} = \frac{Sin(15)-Sin(30).Sin(20)}{Cos(30).Cos(20)}$$

$$\Rightarrow H = \pm 83^{\circ}48' = \pm 5^h 35^m$$

جواب هم می تواند مثبت باشد و هم منفی تفاوت آنها در این است که سمت غربی در حالتی که زاویه ساعتی مثبت است کمتر از ۱۸۰ درجه می باشد و در حالتی که زاویه ساعتی منفی می باشد ,سمت بیش از ۱۸۰ درجه است. زاویه‌ساعتی منفی را جوری دیگر نیز می توان نشان داد یعنی بجای $-83^{\circ}48'$ می توان نوشت:$276^{\circ}12'$. زاویه ساعتی را با ساعت و دقیقه نیز بیان می کنند و چون زاویه ساعتی با زمان خطی تغییر می کند پس رابطه بین آنها اینگونه است:

$$\frac{\Delta H^{\circ}}{360} = \frac{\Delta H^{h}}{24^{h}}$$

پس هر ساعت نجومی ۱۵ درجه می باشد.

منظور از $23^{\circ}3'48''$ (خوانده می‌شود: ۲۳ درجه و۳ دقیقه قوسی و ۴۸ ثانیه قوسی)این است که ما زاویه ای داریم که به اندازه$\frac{48}{3600} + \frac{3}{60}$ درجه بیشتر از ۲۳ درجه است.

برای محاسبه زاویه ساعتی غروب ستاره باید ارتفاع ستاره را صفر بگذاریم پس داریم:

$$Sin\ (0)\ =\ Sin\ (\phi).Sin\ (\delta)\ +\ Cos\ (\phi).Cos\ (\delta).Cos\ (H)$$

$$\Rightarrow\ \text{Cos}\ \left(H_{\text{غروب}}\right) = -\ tan\ (\phi) tan\ (\delta)\ *$$

رابطه بالا خیلی مهم است و آنرا حتما حفظ کنید.

پس برای ستاره خود با عدد گذاری مقدار $102^{\circ}8' = 6^{\text{h}}49^{m}$ برای زاویه ساعتی غروب بدست می‌آید. **زاویه ساعتی طلوع منفی این مقدار است.**

**نقطه اعتدال بهاری**: در لحظه تحویل سال نو خورشید دارای مختصاتی می باشد. به نقطه ای که دقیقا در لحظه تحویل سال نو خورشیدی , خورشید در آن نقطه است ,نقطه اعتدال بهاری می گویند وبا $\gamma$ نمایشش می دهند. میل نقطه اعتدال بهاری صفر است.

مختصاتی جدید:

**بعد و میل**: دیدیم که در مختصات زاویه ساعتی و میل , یک مؤلفه ثابت بود ولی یک مولف با زمان تغییر می کرد. حال دستگاه جدیدی را بیا می کنیم که هر دو مولف آن ثابت باشد و آن دستگاه قطبی با مؤلفه های بعد و میل می‌باشد.

میل که همان تعریفی که قبلا دادیم را به یدک می‌کشد.

**بعد**: بعد مانند زاویه ساعتی بوده با ۲ تفاوت:

۱:بعد بر عکس زاویه ساعتی در جهت پادساعتگرد سنجیده می‌شود. بعد را با α نشان می دهند.

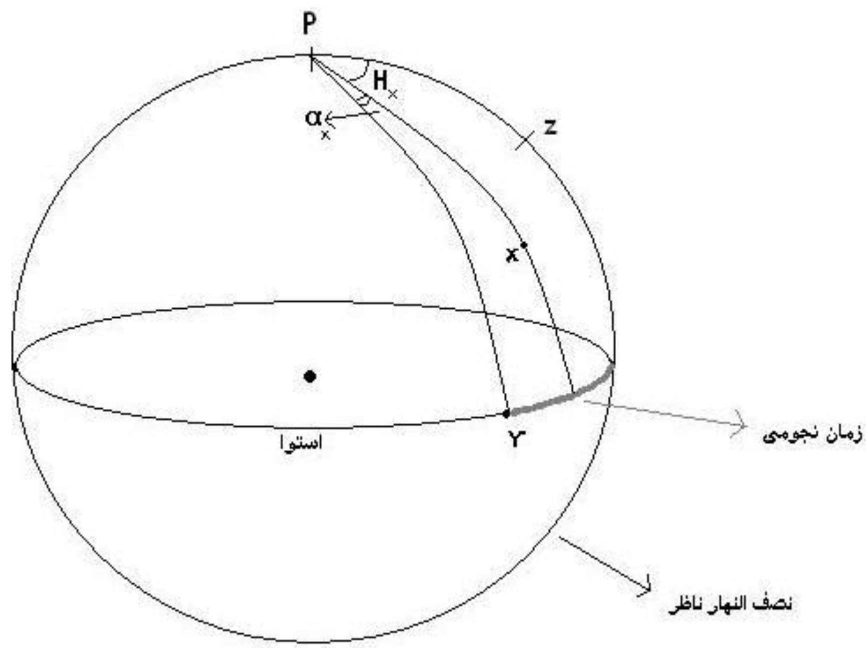
۲:مبدا سنجش زاویه ساعتی نصف النهار ناظر بود ولی مبدا سنجش بعد **نقطه اعتدال بهاری** است.

پس اعتدال بهاری دارای بعد و میل برابر صفر می‌باشد.

**زمان نجومی**: به زاویه ساعتی نقطه اعتدال بهاری برای هر ناظر, زمان نجومی آن ناظر می‌گویند.

زمان نجومی را با ST یا LST نشان می دهند.

از شکل زیر رابطه مهمی دریافت می شود:




این مفهوم را می فهمیم که برای هر نقطه ی دلخواه x داریم:

$$H_x + \alpha_x = ST$$

پس مجموع زاویه ساعتی و بعد هر ستاره در **هر لحظه ثابت است** و برابر زمان نجومی می باشد.

**دایرة البروج**: به مجموع نقاطی که خورشید در طی سال بر روی آنها قرار می‌گیرد, **دایرة البروج** می‌گویند. زاویه بین دایرة البروج با استوای سماوی را با ε نشان می دهند و تقریبا برابر است با:

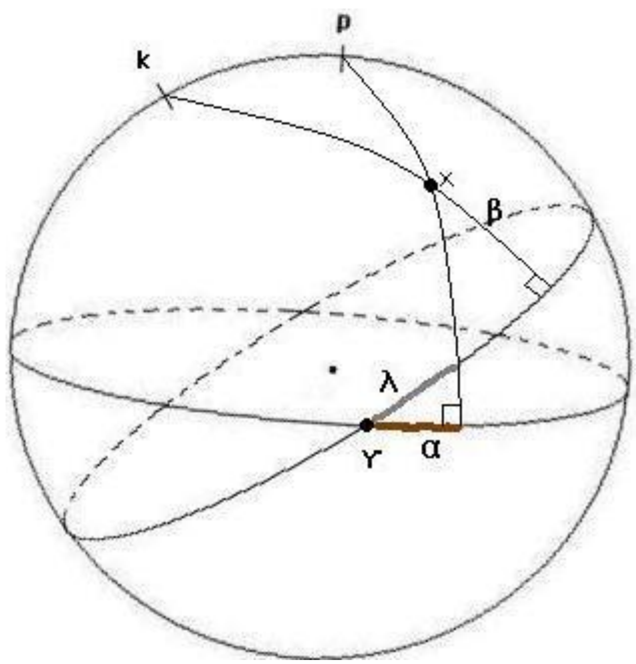
$$\approx 23^\circ 27' \varepsilon$$

قطب شمال دایرة البروج را با K نشان می دهند.

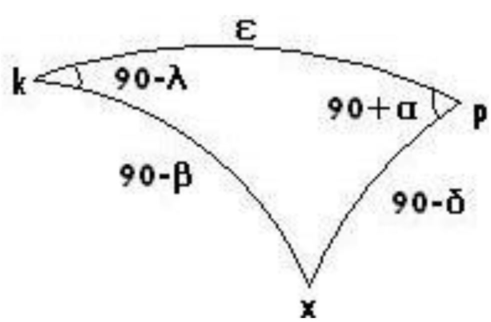
چون خورشید همیشه روی دایرة البروج قرار دارد پس نقطه اعتدال بهاری نیز طبق تعریف روی دایرةالبروج است. دیدیم که اعتدال بهاری روی استوای سماوی نیز بود. پس اعتدال بهاری محل تقاطع دوایر عظیمه دایرة البروج و استوای سماوی می باشد.

**دستگاه مختصات دایرة البروجی:** این دستگاه دارای مؤلفه های **عرض دایرة البروجی** و **طول دایرةالبروجی** می باشد. **عرض دایرة البروجی مثل بعد** در دستگاه قطبی است و **طول دایرة البروجی نیز مثل بعد** می باشد ولی روی دایرة البروج اندازه گیری می‌شود. عرض دایرة البروجی را با β و طول دایرة البروجی را با λ نشان می‌دهند. طبیعتاً عرض و طول دایرة البروجی اعتدال بهاری صفر می‌باشد.

در شکل زیر وضعیت یک ستاره را در این دو دستگاه می‌بینید.




پس اگر مثلث k-p-x را تشکیل دهیم اجزای آن بصورت زیر در می‌آید:



این مثلث نیز خیلی مهم است و اجزای آن را **حفظ** کنید.

**بررسی حرکت خورشید روی دایرة البروج:** خورشید در اول بهار بر روی نقطه اعتدال بهاری است و با گذر زمان روی دایرة البروج حرکت می کند. ما در ادامه بجای بررسی مکانیک سماوی زمین ,مدار آن را دایره فرض کرده پس خورشید بطور خطی روی دایرة البروج حرکت می‌کند.

فرض می کنیم که بعد و میل خورشید در طول یک روز ثابت است و در پایان روز بعد و میلش تغییر می کند. دقت کنید خورشید همیشه روی دایرة البروج است و حرکت آن از نظر ناظری روی زمین تفاوتی با سایر ستارگان ندارد و در دوایری صغیره موازی با استوا حرکت می‌کند.

اگر n تعداد روز های گذشته از اول بهار باشد داریم:

$$\frac{n}{365.25}=\frac{\lambda}{360}$$

برای خورشید همیشه عرض دایرة البروجی صفر است پس می توان روابط زیر را پیدا کرد:

فرمول کسینوس ها:

$$\sin(\delta)=\sin(\lambda).\sin(\varepsilon)$$

چهار جزیی بین اجزای β-90 و λ-90 و ε و α+90 :

$$\sin(\lambda).\cos(\varepsilon)=\sin(\varepsilon).\cot(90)+\cos(\lambda).\tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha)=\tan(\lambda).\cos(\varepsilon)$$

پس با داشتن تاریخ(n) طول دایرة البروجی و بعد بدست می آید.

مثال: بعد و میل و طول دایرة البروجی خورشید را در روز ۲۳ تیر حساب کنید. برای ناظری در عرض جغرافیایی ۳۵,۵ درجه زاویه ساعتی غروب خورشید را در این روز بگویید.

جواب:

$$n=116\ \Longrightarrow\lambda=\frac{116\times 360}{365.25}=114^{\circ}20'$$

$$\sin(\delta)=\sin(114^{\circ}20')\times\sin(23.5)\Longrightarrow\delta\approx 21^{\circ}18'$$

$$\tan(\alpha)=\tan(114^{\circ}20')\times\cos(23.5)\Longrightarrow\alpha\approx 116^{\circ}15'\approx 7^{h}45^{m}$$

$$\cos\left(H_{\text{غروب}}\right)=-\tan(35.5)\times\tan(21^{\circ}18')\Longrightarrow H_{\text{غروب}}\approx 106^{\circ}9'\approx 7^{h}5^{m}$$

**نکته مهم**: در این مساله شما برای حساب کردن بعد خورشید باید در ماشین حساب از عملگر arctan استفاده کنید. این عملگر دو جواب می دهد که باید ببینید بر اساس مساله کدام درست است. مثلا در اینجا شما برای بعد خورشید ابتدا به مقدار $-63^{\circ}45'$ می رسید ولی میدانیم در ۲۳ تیر بعد خورشید هنوز به ۱۸۰ درجه هم نرسیده است پس جواب دیگر درست است.

زمان:

می دانیم زمین به دور خورشید در مداری دایروی حرکت نمی‌کند و خورشید نیز همیشه روی دایرةالبروج است به همین دلیل بازه های زمانی را نمی‌توان با خورشید واقعی تعیین کرد به همین دلیل خورشید میانگینی تعریف می کنیم که با سرعت زاویه ای ثابت و بر روی استوا حرکت می کند.

از این به بعد به این خورشید اندیس MS می دهیم. وخورشید واقعی را با اندیس $*$ نشان می دهیم.

زمان متوسط محلی: این زمان را با MT نشان می دهند و برابر است با ۱۲ ساعت بعلاوه زاویه ساعتی خورشید میانگین:

$$MT = H_{MS} + 12^h$$

تعدیل زمان: به اختلاف بین زاویه ساعتی خورشید واقعی و خورشید میانگین تعدیل زمان می گویند وآن را با E نمایش می دهند:

$$E = H_* - H_{MS}$$

$$ST = \alpha_* + H_* = \alpha_{MS} + H_{MS}$$

$$\Longrightarrow E = H_* - H_{MS} = \alpha_{MS} - \alpha_*$$

اگر فرض دایروی بودن مدار زمین را قبول کنیم نتیجه می گیریم که طول دایرة البروجی خورشید واقعی بطور خطی با زمان تغییر می کند. طبق تعریف خورشید میانگین نتیجه می گیریم که بعد خورشید میانگین نیز بطور خطی تغییر می کند پس خواهیم داشت:

$$\alpha_{MS} = \lambda_* + C$$

که در آن C یک ثابت است .چون $\lambda_*$ در اول بهار صفر است پس C برابر است با بعد خورشید میانگین در اول بهار. مقدار آن نیز تقریبا برابر با $-7^m$ می باشد.به همین ترتیب تعدیل زمان در اول بهار $-7^m$ است.

مثال: زمان متوسط محلی اذان ظهر را در روز ۱۹ تیر در تهران بیابید.(تعدیل زمان را در اول بهار $-7^m$ بگیرید).

حل: می دانیم که لحظه اذان ظهر برابر است وقتی که زاویه ساعتی خورشید واقعی صفر شود. ما اگر زاویه ساعتی خورشید میانگین را بفهمیم جواب بدست می آید .با توجه به دو جمله قبل می فهمیم اگر

بتوانیم تعدیل زمان را حساب کنیم چون زاویه ساعتی خورشید واقعی را می دانیم , زاویه ساعتی خورشید میانگین بدست می آید.

$$n = 112 \Rightarrow \lambda_* = \frac{112 \times 360}{365.25} = 110.39°$$

$$\Rightarrow \tan(\alpha_*) = \tan(110.39°) \times \cos(23.5) \Rightarrow \alpha_* = 112.06°$$

$$\alpha_{MS} = \lambda_* + C = 110.39° - \frac{7 \times 15}{60} = 108.64°$$

$$E = 108.64° - 112.06° = -3.42° = -13^m 41^s = H_* - H_{MS}\,, \quad H_* = 0$$

$$H_{MS} = 13^m 41^s \Rightarrow MT = 12^h 13^m 41^s$$

پس اذان ظهر در روز ۱۹ تیر در ساعت $12^h 13^m 41^s$ بعد از ظهر به وقت زمان متوسط محلی گفته می‌شود.

زمان محلی: این زمان را با ZT نشان می دهند و دقیقا همان زمانی است که ساعت خودتان نشان می دهند. کشور های مختلف برای آنکه ساعت هر نقطه از کشور با هم تفاوتی نداشته باشد کل زمان یک کشور را با یک ساعت نشان می دهند البته بعضی از کشور ها بیش از یک ساعت دارند!

مثلا در ایران زمان تمام نقاط کشور بر حسب زمان نصف النهار ۳,۵+ ساعت از گرینویچ سنجیده می شود. یعنی اگر کسی بخواهد مساله بالا را بطور دقیق حساب کند باید ببیند زمان اذان ظهر خودش زاویه ساعتی خورشید میانگین برای ناظری که در نصف النهار ۳,۵+ است چقدر است سپس آن مقدار را با ۱۲ ساعت جمع کند تا زمانی را بدست آورد که در لحظه اذان ظهر ساعتش نشان می‌دهد.

می دانیم که با افزایش خطی طول جغرافیایی , زاویه ساعتی هر جرم آسمانی نیز خطی افزایش می‌یابد پس برای ستاره ای که در دو نقطه با طول جغرافیایی های $l_1$ و $l_2$ دارای زاویه ساعتی های $H_1$ و $H_2$ است, داریم:

$$l_2 - l_1 = H_2 - H_1$$

پس اگر بخواهیم مساله بالا را دقیق تر حل کنیم داریم:

می دانیم طول جغرافیایی تهران تقریبا ۵۱,۴ درجه است پس:

$$H_{\mathrm{MS}(+3.5)} - \mathrm{H}_{\text{تهران}} = 3.5 \times 15 - 51.4 \Rightarrow H_{\mathrm{MS}(+3.5)} = 18^m 5^{\mathrm{s}}$$

$$ZT = H_{\mathrm{MS}(+3.5)} + 12 = 12^{\mathrm{h}} 18^m 5^{\mathrm{s}}$$

**تبدیل مؤلفه های یک نقطه از یک دستگاه به دستگاهی دیگر**

خب تا اینجا ما فقط درباره دستگاه های مرسوم صحبت کردیم ولی شاید زمانی مجبور شوید که دستگاهی انتخاب کنید که قبلا با آن آشنا نبوده‌اید پس ما اینجا سعی می‌کنیم که دو دستگاه دلخواه انتخاب کنیم و مولفه‌های هرکدام را به دیگری تبدیل کنیم.

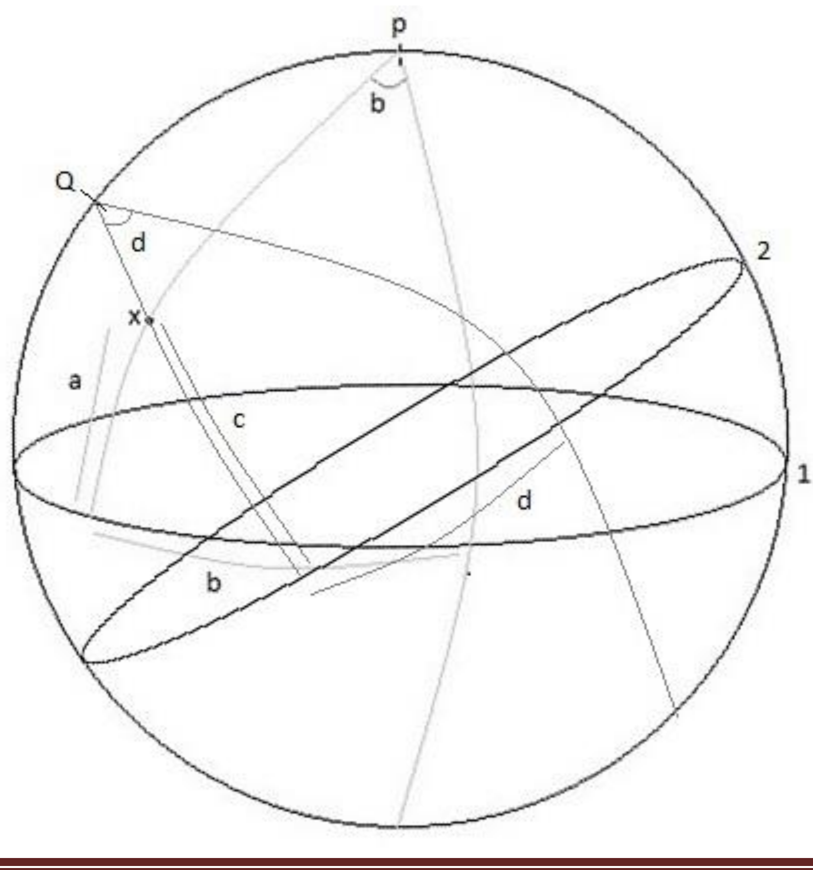
اکثر دستگاه های مرسوم از دو زاویه تشکیل شده‌اند که یکی فاصله زاویه‌ای نقطه ما تا صفحه‌ای مرجع است و دیگری زاویه بین نقطه ما و نصف‌النهاری مرجع از دید قطب همان صفحه است.(این که چرا اکثر دستگاه ها اینگونه‌اند بدلیل آن است که این سیستم ساده‌ترین دستگاه دو مولفه‌ای با اجزای مستقل است)

خب فرض کنید دستگاه اول دارای صفحه مرجع ۱است و قطب این صفحه نقطه P می‌باشد. و همینطور دستگاه دوم دارای صفحه مرجع ۲ با قطبیت Q می باشد.

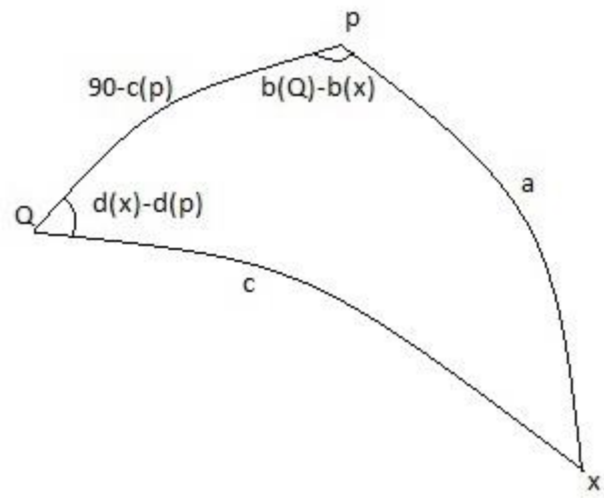
صفحه اول دارای دو مؤلفه a , b می‌باشد که مؤلفه a زاویه بین هر نقطه با صفحه ۱ است و زاویه b زاویه بین هر نقطه با یک نصف‌النهار مرجع از دید P می‌باشد.

صفحه دوم نیز درای دو مؤلفه c , d می‌باشند که که مؤلفه c زاویه بین هر نقطه با صفحه ۲ است و زاویه d زاویه بین هر نقطه با یک نصف‌النهار مرجع از دید Q می‌باشد.

در شکل زیر وضعیت این دو دستگاه را برای نقطه دلخواه x می‌بینید.



فرض کنید مختصات نقطه p در دستگاه دوم دارای مولفه های $c_p, d_p$ باشد و نقطه Q دارای مولفه $b_Q$ باشد. بدین ترتیب مثلث کروی حاصل از سه نقطه p,Q,x بصورت زیر می‌شود.




واضح است که $c_p = a_Q$ و ما مولفه نقطه x را در دستگاه دوم می‌دانیم و می‌خواهیم مولفه های آن را در دستگاه اول بدست آوریم. پس داریم:

فرمول کسینوس ها $\cos(a) = \cos(c)\sin(c_p) + \sin(c)\sin(c_p)\cos(d - d_p)$

فرمول چهارجزئی $\cos(d - d_p)\sin(c_p) = \cos(c_p)\cot(c) - \sin(d - d_p)\cot(b_Q - b)$

$$\Rightarrow \tan(b_Q - b) = \frac{\sin(d - d_p)}{\cos(c_p)\cot(c) - \cos(d - d_p)\sin(c_p)}$$

پس با توجه به این دو رابطه می‌توانیم هر دو دستگاهی را به هم تبدیل کنیم.

دقت کنید که اکثر دستگاه هایی که تا به حال دیده بودیم مثل دستگاه استوایی و دایرةالبروجی, نقطه گره آن‌ها نقطه مبداء هر دو دستگاه برای تایین زوایای سمتی$(b, d)$ بود که در آنها $b_Q = d_p = 90$ بود.

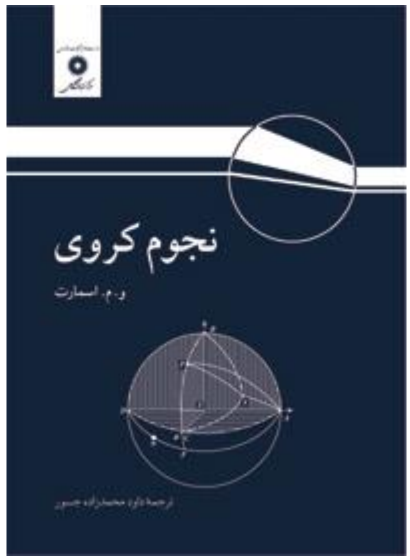
دستگاهی که دراین انتها تعریف کردیم زوایای سمتی آن ها بصورت ساعت گرد می‌چرخید و ما آن را به این دلیل قرار دادیم تا با زوایایی که ساعتگرد سنجیده می‌شوند آشنا شده‌باشید.

اکثر مباحث مورد نیاز شما تا به حال گفته شده است. شما به این مطالب اکتفا نکنید و حتما مسائل بسیاری از نجوم کروی حل کنید تا مهارتتان زیاد شود.

اگر اشکال علمی و یا نگارشی در این مقاله مشاهده کردید لطفا از طریق ایمیل به بنده اطلاع دهید تا تغییرات لازم را اعمال کنم.

ایمیل من: alizeinali75@gmail.com

همچنین منبع اصلی نجوم کروی و مباحثی که اینجا مطرح شد کتاب نجوم کروی اسمارت هستش که اگر مایل به مطالعه بیشتر در این ضمینه هستید این کتاب می‌تواند بسیار کمکتان کند.




موفق باشید و سربلند

علی زینالی