فصل هفتم

زاویه‌یاب و زاویه‌یابی

هدف‌های رفتاری : پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که :

۱ــ دستگاه تئودولیت را توضیح دهد.

۲ــ سه محور تئودولیت را توضیح دهد.

۳ــ اجزای متشکله تئودولیت را توضیح دهد.

۴ــ تئودولیت را روی نقطه مشخص مستقر کند.

۵ــ زوایا را قرائت کند.

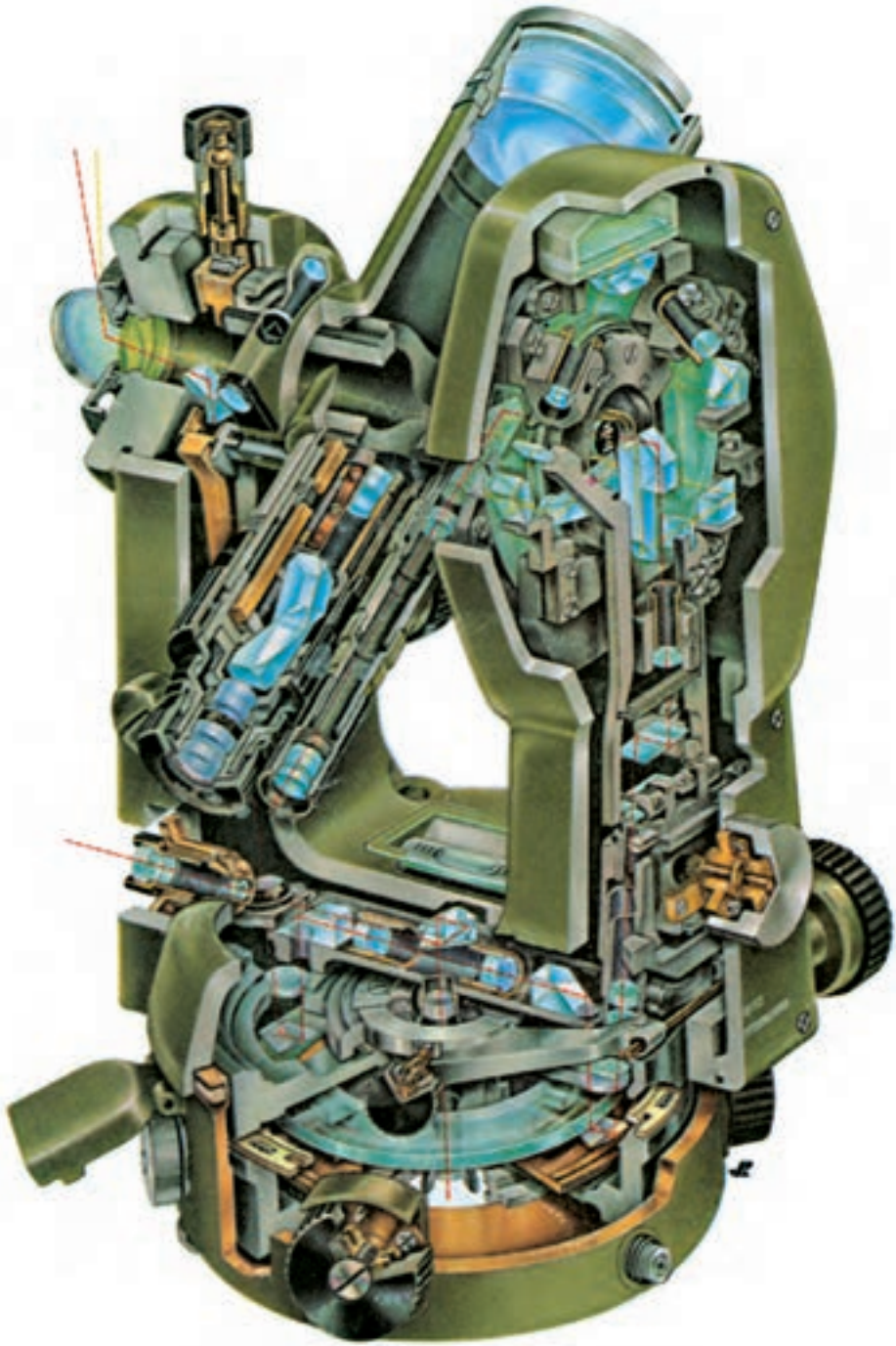
۶ــ زوایای شیب و سمت الرأس را توضیح دهد.

۷ــ زاویه شیب را اندازه‌گیری کند.

۸ ــ خطاهای اندازه‌گیری زوایای قائم و افقی را تشخیص دهد.

۹ــ فاصله افقی را به طریقه ایستادیمتری با استفاده از دوربین اندازه بگیرد.

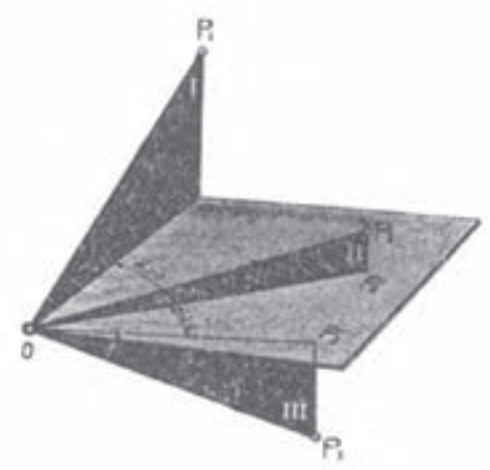
۱۰ــ اختلاف ارتفاع دو نقطه را با استفاده از تئودولیت اندازه‌گیری کند.



تئودولیت[1] چیست و چه کاربردی دارد؟ تئودولیت از چه قسمت‌هایی تشکیل شده است؟ چه فرقی بین زاویه افقی و قائم وجود دارد؟ در طبیعت زاویه شیب را چگونه می‌توان اندازه‌گیری کرد؟ فاصله دو نقطه را چگونه می‌توان با تئودولیت به دست آورد؟

زاویه‌یاب (تئودولیت)

تئودولیت وسیله‌ای است که در نقشه‌برداری برای اندازه‌گیری زوایای افقی و قائم به کار می‌رود. زاویه افقی در صفحه افق و زاویه قائم در صفحه قائم اندازه‌گیری می‌شوند (شکل ۱ــ۷). این وسیله از سه قسمت اساسی تشکیل شده که عبارتند از : پایه، آلیداد[2]، تلسکوپ، با مقایسه با دستگاه ترازیاب در این قسمت یک آلیداد (قطعه U شکل) به منظور ایجاد محوری، برای حرکت دوربین در صفحه قائم اضافه شده است. تئودولیت دارای سه محور است که همدیگر را در یک نقطه (O) قطع می‌کنند (شکل ۲ــ۷). و به شرح زیرند :



شکل ۱ــ۷ــ صفحات افقی و قائم و زوایای افقی و قائم

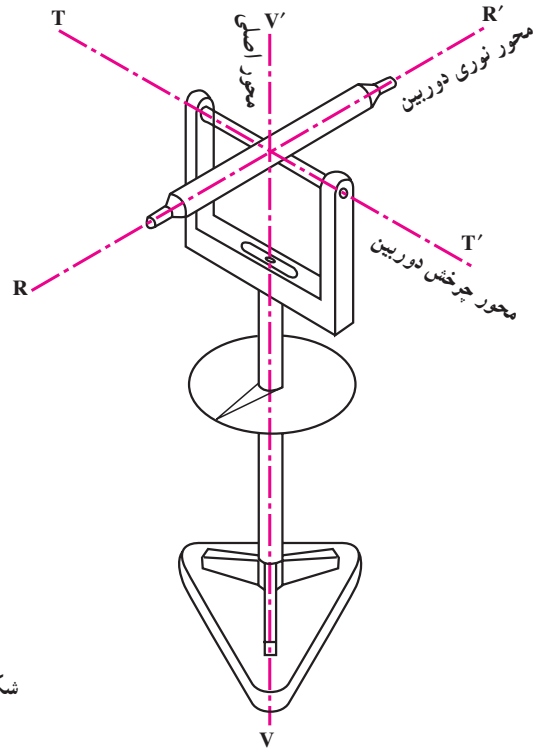
محور نوری دوربین : این محور امتدادی است که محل تقاطع دوتار بلند رتیکول را به‌مرکز عدسی چشمی متصل می‌کند (محور RR′).

محور چرخش دوربین : امتدادی است که تلسکوپ حول آن در صفحه قائم می‌چرخد (محور TT′).

محور اصلی دستگاه : امتداد قائمی است که از مرکز تلسکوپ می‌گذرد و بر مرکز لمب افقی عمود است (محور VV′).

۱ــTheodolite

۲ــ Alidad



شکل ۲ــ۷

اجزای تشکیل دهنده تئودولیت

تئودولیت از هفت قسمت عمده‌ی زیر تشکیل شده که عبارتند از :

۱ــ تلسکوپ : لوله‌ای است استوانه‌ای شکل به‌طول ۲۵ــ۲۰ سانتیمتر که در داخل آن عدسی شیئی و چشمی، دیافراگم، عدسی میزان، صفحه‌ی رتیکول و پیچ تنظیم تصویر (پیچ فکوس) قرار دارد.

۲ــ آلیداد : یک قطعه فلز U شکلی است که حامل محور چرخش تلسکوپ است. بدین معنی که تلکسوپ می‌تواند حول این محور دوران نماید ضمناً خود آلیداد می‌تواند حول قائم دستگاه (VV') دوران کند.

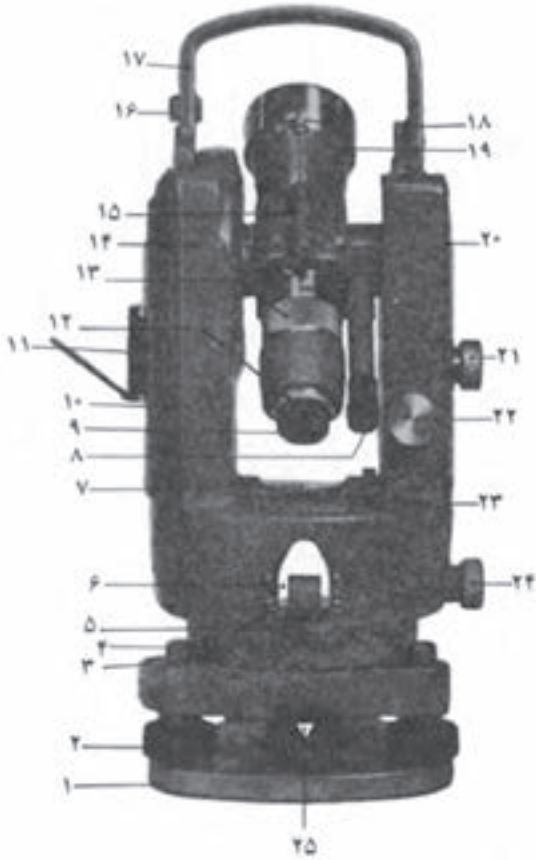
۳ــ لمب‌ها : دو صفحه شیشه‌ای مدرج هستند که یکی به طور افقی و دیگری به‌طور قائم قرار گرفته و درجات آن‌ها به کمک ورنیه و میکرومتر قرائت می‌شوند.

۴ــ ترازها : برای اینکه بتوانیم محور اصلی دستگاه را منطبق بر امتداد قائم کنیم، بین دو شاخه آلیداد یک تراز استوانه‌ای نصب شده است و در بالای لمب قائم نیز تراز لوبیایی کار گذاشته شده که با پیچ مخصوصی که در زیر آن است، تنظیم می‌شود. در دوربین‌های جدید به جای تراز لوبیایی از کمپنساتور استفاده شده است.

۵ــ پایه : تئودولیت به وسیله پایه که دارای سه پیچ عاجدار است در وضعیت افقی قرار می‌گیرد.

۶ــ پیچ‌های کنترل حرکت : برای اینکه حرکت تلسکوپ و آلیداد و لمب افقی قابل کنترل باشد از دو نوع پیچ، یک نوع برای حرکت‌های کلی و نوع دیگر برای حرکت‌های جزیی استفاده شده است.

۷ــ آیینه : در کنار دستگاه آیینه‌ای تعبیه شده که نور را به طرف داخل دستگاه هدایت می‌کند. این نور به کمک سیستم‌های منشوری و چند عدسی از لمب‌ها عبور کرده و تصویر را درحالتی که باید قرائت شود، به چشمی قرائت که درکنار دوربین قرار گرفته، می‌رساند.

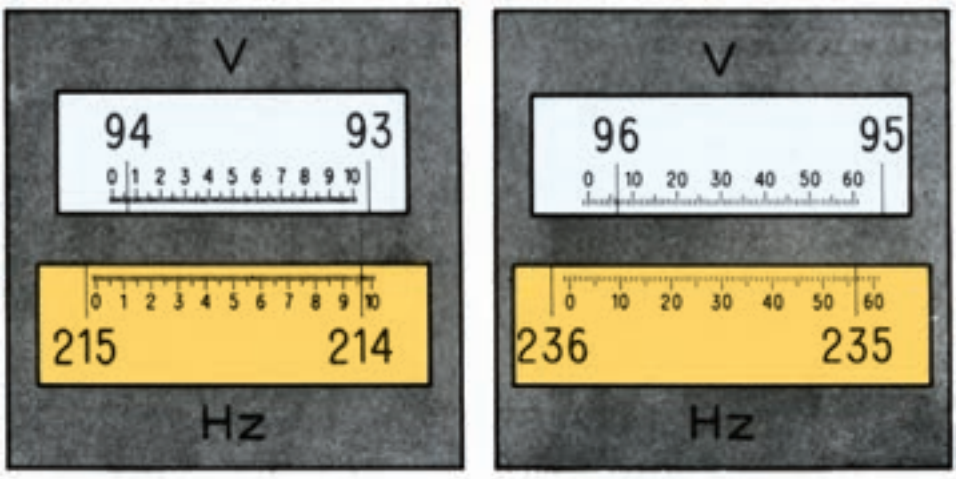


۱ــ صفحه‌ی اتصال تئودولیت به سه پایه
۲ــ پیچ‌های تراز کننده
۳ــ تراز کروی
۴ــ محفظه قرارگرفتن پیچ‌های تراز کننده
۵ــ سکوی قرارگرفتن ضامن
۶ــ ضامن مخصوص قفل کردن نقاله مدرج لمب افقی به آلیداد
۷ــ تراز استوانه‌ای
۸ــ چشمی قرائت زاویه
۹ــ چشمی تلسکوپ
۱۰ــ محفظه گرفتن نور
۱۱ــ آئینه
۱۲ــ پیچ بازکردن چشمی تلسکوپ
۱۳ــ پیچ مخصوص تنظیم همگرائی تلسکوپ
۱۴ــ آلیداد
۱۵ــ وسیله‌ی قراولروی (مگسک)
۱۶ــ پیچ اتصال ودستگیره به آلیداد
۱۷ــ دستگیره برای حمل دوربین
۱۸ــ ضامن آزادکننده دستگیره از آلیداد
۱۹ــ تلسکوپ
۲۰ــ نشانه مخصوص اندازه‌گیری ارتفاع دوربین از زمین
۲۱ــ پیچ قفل کردن حرکت تلسکوپ
۲۲ــ پیچ حرکت خفیف تلسکوپ پس از قفل شدن
۲۳ــ شاقول اپتیکی
۲۴ــ پیچ حرکت جزئی افقی
۲۵ــ ضامن آزادکردن آلیداد از قسمت زیرین

شکل ۳ــ۷

طرز قرائت زاویه

کارخانه‌های سازنده تئودولیت لمب‌ها را به دو نوع درجه (۳۶۰) و گراد (۴۰۰) تقسیم‌بندی می‌کنند. براین اساس دوربین‌هایی را که لمب آن‌ها به درجه تقسیم بندی شده است، دوربین درجه‌ای و نوع دیگر را دوربین گرادی می‌نامند. درشکل (۴ــ۷) هر دو نوع تقسیم بندی به همراه میکرومتر آن‌ها نشان داده شده است. اگر از چشمی قرائت تئودولیت نگاه کنیم دو قسمت درجه‌بندی‌مشاهده خواهیم کرد که قسمت بالایی نشان دهنده زاویه قائمه (V[1]) و قسمت پایین نشان دهنده‌ی زاویه افقی (HZ[2]) امتداد است.



زاویه افقی ۵۶′/۴ و ۲۳۵° و زاویه قائم ۰۶′/۵ و ۹۶° (درجه ۳۶۰)

زاویه افقی ۲۱۴/۹۶۴ گراد و زاویه قائم ۹۴/۰۶۴ گراد (گراد ۴۰۰)

شکل ۴ــ۷

لازم به توضیح است که در تئودولیت‌های جدید شکل (۵ــ۷) دیگر قرائت زوایا از چشمی قرائت انجام نمی‌گیرد بلکه مقادیر زوایای افقی و قائم مستقیماً از صفحه‌ی نمایش قرائت می‌شود.

۱ــ Vertical

۲ــ Horizontal

شکل ۵ــ۷

مستقرکردن تئودولیت بر روی نقطه مشخص

منظور از مستقر کردن تئودولیت بر روی یک نقطه مشخص همانطور که درمورد ترازیاب گفته شد، آن است که تئودولیت را به شکلی قرار دهیم که اولاً محور اصلی دستگاه از آن نقطه مشخص بگذرد، ثانیاً دستگاه تراز شود. طرز عمل به شرح زیر است : ابتدا سه پایه‌ای را به اندازه لازم (قدمان) توسط پیچ‌های تخته پایه تنظیم می‌کنیم و تئودولیت را روی آن سوار می‌کنیم. به کمک شاقول اپتیکی دستگاه را بر روی نقطه مشخص آورده و نوک پایه‌ها را کاملاً در زمین فرو می‌کنیم. با بلند و کوتاه کردن پایه‌ها تراز کروی را تنظیم می‌کنیم. برای تنظیم تراز استوانه‌ای (که بر روی آلیداد قرار دارد) آلیداد را در امتداد دو پیچ تنظیم قرار می‌دهیم. این دو پیچ را درخلاف همدیگر می‌چرخانیم تا حباب در وسط دوخط نشانه قرارگیرد. سپس آلیداد را در امتداد پیچ سوم قرار می‌دهیم و با همین پیچ حباب تراز را بین دو خط نشانه (وسط) تنظیم می‌کنیم، در صورتی که تئودولیت تراز انطباقی هم داشته باشد با پیچ مخصوص که درکنار تراز انطباقی قرار دارد، آن را نیز باید تراز کرد. دستگاه دراین حالت تراز شده است. برای اطمینان آلیداد را می‌چرخانیم و تراز را کنترل می‌کنیم. اگر حباب در وسط قرار نگرفته باشد، عملیات بالا را تکرار می‌کنیم.

طرز اندازه گیری زاویه افقی با تئودولیت

برای اندازه‌گیری زاویه افقی (AOB) پس از قرار دادن تئودولیت روی سه‌پایه به شرح زیر عمل می‌کنیم.

۱ــ ایستگاه گذاری : دستگاه را طوری روی رأس زاویه (O) قرار می‌دهیم که محور اصلی دستگاه از نقطه ایستگاه بگذرد. سپس دستگاه را تراز می‌کنیم.

۲ــ نشانه روی و قرائت : به نقاط روی دو ضلع (A,B) قراولروی کرده و مقادیر مربوط به هر امتداد را قرائت می‌کنیم R_A و R_B چنانچه مستقیماً به نقاط A وB دید نداشته باشیم، از ژالون استفاده می‌کنیم.

چنانچه $R_B > R_A$ باشد، داریم : $A\hat{O}B = R_B - R_A$ و چنانچه حین حرکت دوربین بعد از قراولروی به نقطه A تا رسیدن به نقطه B از درجه صفر لمب دستگاه گذشته باشد، در این صورت $R_B < R_A$ داریم :

(چنانچه لمب برحسب درجه تقسیم بندی‌شده باشد) $A\hat{O}B = R_B + ۳۶۰^\circ - R_A$

(چنانچه لمب برحسب گراد تقسیم بندی شده) $A\hat{O}B = R_B + ۴۰۰\,gr - R_A$

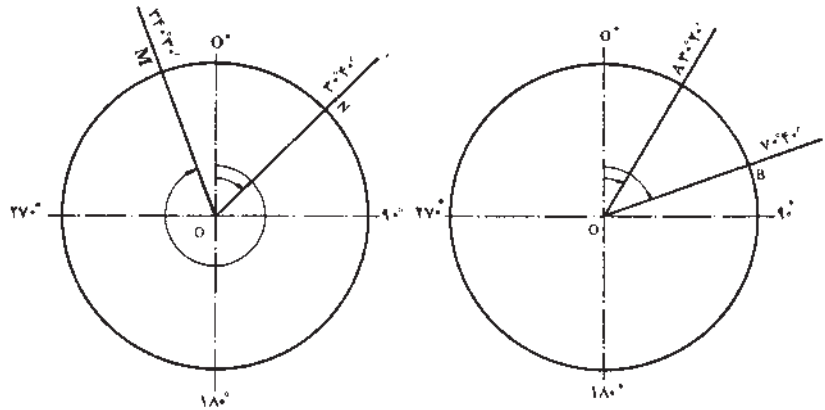
مثال : برای اندازه‌گیری زاویه $A\hat{O}B$ و $M\hat{O}N$ روی ایستگاه O مستقر شده (شکل۶ــ۷) و امتدادهای B, A به ترتیب برابر $R_A = ۳۰^\circ ۲۰'$ و $R_B = ۷۰^\circ ۴۰'$

و امتدادهای M و N به ترتیب $R_M = ۳۴۰^\circ ۳۰'$ و $R_N = ۳۰^\circ ۴۰'$ قرائت شده است. زوایای $A\hat{O}B$ و $M\hat{O}N$ را محاسبه کنید.

$$A\hat{O}B = R_B - R_A = ۷۰^\circ ۴۰' - ۳۰^\circ ۲۰' = ۴۰^\circ ۲۰'$$

چون $R_B > R_A$ است پس : $M\hat{O}N = R_N + ۳۶۰^\circ - R_M$

چون $R_N < R_M$ پس : $M\hat{O}N = ۳۰^\circ ۴۰' + ۳۶۰^\circ - ۳۴۰^\circ ۳۰' = ۵۰^\circ ۱۰'$



شکل ۶ــ۷

تنظیم تار رتیکول و تصویر

برای اینکه اندازه‌گیری با دقت انجام شود، اولاً باید قبل از قراولروی تار رتیکول را تنظیم کنیم برای این کار کاغذ سفید را جلوی عدسی شیئی می‌گیریم و از داخل چشمی نگاه می‌کنیم و پیچ تنظیم تارهای رتیکول را می‌چرخانیم تا تارهای رتیکول به وضوح و هرچه ممکن است روشن‌تر دیده شوند. و ثانیاً حین عمل قراولروی و قبل از قرائت به کمک پیچ مخصوص عدسی میزان جای تصویر حاصله را تنظیم می‌کنیم (برای اطمینان از تنظیم شدن تصویر چشم را در پشت عدسی چشمی به طرف بالا و پایین حرکت می‌دهیم. وضع تصویر نسبت به تارهای رتیکول نباید تغییر کند. چنانچه تغییری ایجاد شود اصطلاحاً می‌گویند پارالاکس وجود دارد) دراین صورت تصویر کاملاً برصفحه رتیکول قرار گرفته است.

صفر صفرکردن تئودولیت

در نقشه برداری معمول است که لمب افقی را درموقع نشانه‌روی به امتداد اول صفر صفر کنند. (درجه و دقیقه لمب و ورنیه صفر باشند) که این کار توسط قفل لمب افقی انجام می‌گیرد. (اصطلاحاً قرائت زاویه افقی برروی امتداد OA صفرصفر می‌شود.) دراین صورت

$$A\hat{O}B = R_B - R_A = R_B - O = R_B$$

قرائت کوپل (زوج)

در اندازه‌گیری زاویه موقعی که می‌خواهند مقدار زاویه دقیقتر به دست آید با دو حالت مستقیم ومعکوس دوربین زاویه را می‌خوانند و میانگین می‌گیرند. درحالت مستقیم، لمب قائم درطرف چپ ناظر و در حالت معکوس لمب قائم در طرف راست ناظر قرار می‌گیرد. این دو حالت را اصطلاحاً دایره به چپ و دایره به راست می‌گویند.

$$LR = \frac{\text{قرائت دایره به چپ} + \text{قرائت دایره به راست} - ۱۸۰^\circ \text{یا} ۲۰۰\,gr}{۲}$$

اگر $L < R$ باشد از علامت $-$ در رابطه استفاده می‌شود.

اگر $L > R$ باشد از علامت $+$ در رابطه استفاده می‌شود.

مثال: برای اندازه‌گیری زاویه $A\hat{O}B$ روی ایستگاه O مستقر شده و امتدادهای A و B درحالت دایره به چپ تئودولیت به ترتیب برابر $L_A = ۳۸^\circ۴۰'$ و $L_B = ۷۴^\circ۵۰'$ و در حالت دایره به راست تئودولیت به ترتیب $R_A = ۲۱۸^\circ۵۰'$ و $R_B = ۲۵۴^\circ۵۰'$ و قرائت شده است. مطلوبست محاسبه زاویه $A\hat{O}B$.

$$LR_A = \frac{L_A + R_A - ۱۸۰^\circ}{۲} = \frac{۳۸^\circ ۴۰' + ۲۱۸^\circ ۵۰' - ۱۸۰^\circ}{۲} = ۳۸^\circ ۴۵'$$

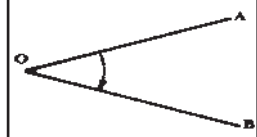
$$LR_B = \frac{L_B + R_B - ۱۸۰}{۲} = \frac{۷۴^\circ ۵۰' + ۲۵۴^\circ ۵۰' - ۱۸۰^\circ}{۲} = ۷۴^\circ ۵۰'$$

$$\hat{AOB} = LR_B - LR_A = ۷۴^\circ ۵۰' - ۳۸^\circ ۴۵' = ۳۶^\circ ۵'$$

برای جلوگیری از اشتباه وهمچنین برای محاسبات از جدول زیر استفاده می‌کنیم.

جدول ۱ــ۷

شماره صفحه	**فرم قرائت زاویه**	**تاریخ :** .....
عامل :		**ساعت :** .....
نوع و شماره دستگاه.....		**وضعیت هوا :**.....

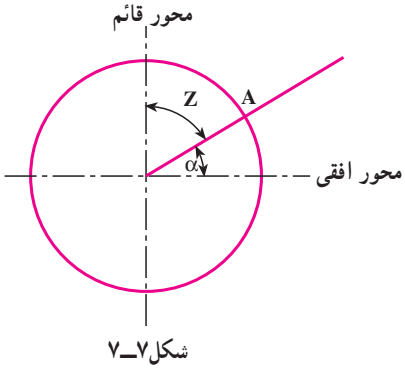
کروکی	مقدار زاویه	میانگین	دایره به راست	دایره به چپ	نقاط قراولروی	ایستگاه
		۳۸°۴۵′	۲۱۸°۵۰′	۳۸°۴۰′	A	O
	۳۶°۵′	۷۴°۵۰′	۲۵۴°۵۰′	۷۴°۵۰′	B	

زوایای شیب وسمت الرأس

وضع هر امتداد را در صفحه‌ی قائم با یکی از دو زاویه شیب (زاویه قائم)(α) یا سمت‌الرأس (زاویه زنیتی[۱]) (Z) می‌توان مشخص کرد. پس می‌توان گفت دو نوع زاویه قائم داریم که عبارتند از :

ــ زاویه شیب یک امتداد، زاویه‌ایست که آن امتداد با صفحه افق می‌سازد (α).

ــ زاویه سمت الرأس یک امتداد، زاویه‌ایست که آن امتداد با خط قائم می‌سازد (Z).



شکل۷ــ۷

بنابراین می‌توان گفت زوایای شیب و سمت الرأس متمم یکدیگرند.

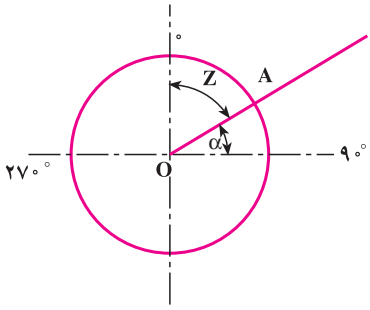
$$a + z = ۹۰^\circ = ۱۰۰gr$$

۱ــ Zenit

روش اندازه‌گیری زاویه شیب

در بعضی ازتئودولیت‌ها وقتی دوربین درحالت افقی است، زاویه لمب قائم صفر (ودرحالت معکوس ۱۸۰° یا ۲۰۰ گراد) قرائت می‌شود و در بقیه دوربین‌ها درحالت افقی زاویه قائم ۹۰° یا ۱۰۰gr (و درحالت معکوس ۲۷۰° و یا ۳۰۰gr) قرائت می‌شود. با توجه به این مطلب می‌توان زاویه شیب یک امتداد را به طریق زیر اندازه‌گیری کرد.

تار افقی رتیکول را روی نقطه ای که زاویه‌ای که می‌خواهیم زاویه آن را پیدا کنیم، می‌گذاریم و عدد لمب قائم را قرائت می‌کنیم. اختلاف این مقدار و قرائت لمب قائم درحالت افق زاویه شیب را به ما می‌دهد.



شکل ۸ــ۷

مثال : اگر زاویه قائم امتداد OA برابر ۶۰° قرائت شود و دوربین وقتی درحالت افقی است برابر ۹۰° باشد، زاویه شیب امتداد OA را حساب کنید.

در اندازه‌گیری زاویه قائم نیزمانند زاویه افقی برای دقیقتر بودن نتیجه می‌توان زاویه را در حالت دایره به‌چپ و دایره به راست دوربین قرائت کرد. سپس قرائت دایره به راست را از ۳۶۰° یا ۴۰۰ گراد کم می‌کنیم و با قرائت دایره به چپ میانگین می‌گیریم. اگر قرائت دایره به چپ را به V_L و قرائت دایره به راست V_R نمایش دهیم مقدار زاویه برابر خواهد بود با :

$$V = \frac{V_L + (۳۶۰ - V_R)}{۲}$$

خطاها در اندازه‌گیری زوایای افقی و قائم

خطاهایی را که در اندازه‌گیری زوایا پیش می‌آیند به دو دسته تقسیم می‌کنند که عبارتند از :

خطاهای دستگاهی وخطاهای عملیاتی : به کمک روش‌های مختلف خواندن زاویه (قرائت ساده ــ کوپل ــ تکرار) برای کارهای دقیق می‌توان خطاهای دستگاهی را کاهش و یا حذف کرد و برای کارهای کم دقت قابل صرفنظر کردن هستند. در اینجا بخش دیگر خطاها یعنی خطاهای عملیاتی باید مورد توجه قرار گیرند. به این ترتیب که ضمن عملیات باید سعی کرد که از پیش آمدن آن‌ها احتراز شود. مهمترین این خطاها عبارتند از :

۱ــ خطای قائم نبودن محور اصلی
۲ــ خطای ایستگاه گذاری
۳ــ خطای ثابت نبودن دستگاه درموقع اندازه‌گیری
۴ــ خطای نشانه روی
۵ــ خطای قرائت

اندازه گیری طول به روش ایستادیمتری

دراین روش با استفاده از دستگاه تئودولیت و شاخص، فاصله به دست می‌آید. فرض کنید می‌خواهیم فاصله افقی بین دو نقطه A , B را اندازه‌گیری کنیم. دوربین را در ایستگاه A مستقر می‌کنیم و درنقطه B شاخص را به طور قائم نگه می‌داریم. شکل (۹ــ۷) سپس به شاخص نشانه‌روی کرده و تار بالا (L_1) و تار پایین (L_2) رتیکول را قرائت می‌کنیم. چنانچه زاویه شیب امتداد AB برابر α باشد با توجه به شکل خواهیم داشت :

$$L = L_1 - L_2$$

$$D' = KL \cos\alpha$$

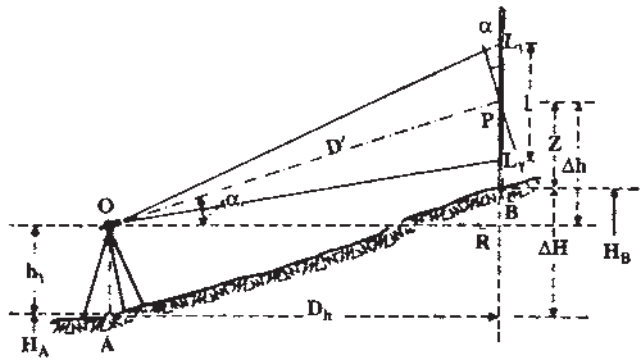
$$D_h = (KL \cos\alpha)\cos\alpha = KL \cos^2\alpha$$

که عدد ثابت K معمولاً برای اکثر دوربین‌ها برابر ۱۰۰ است که آن را ضریب ایستادیمتری می‌نامند. بنابراین داریم :

$$D_h = 100L \cos^2\alpha$$

در اندازه‌گیری فاصله چنانچه امتداد شاخص بر امتداد قراولروی عمود باشد، زاویه شیب برابر صفر است. (درترازیاب این حالت به طور طبیعی وجود دارد) و دراین صورت :

$$D_h = 100L \cos^2 0 \Rightarrow D_h = 100L(1)^2$$



شکل ۹ــ۷

تعیین اختلاف ارتفاع به روش ایستادیمتری (ترازیابی مثلثاتی)

برای به دست آوردن اختلاف ارتفاع دونقطه A , B درشکل (۱۰ـ۷) چنانچه ارتفاع دوربین h_1 و قرائت تار وسط Z باشد، با توجه به مثلث OPR خواهیم داشت :

$$OP = D' = ۱۰۰L\ \cos\alpha$$

$$PR = OP\sin\alpha = (۱۰۰L\ \cos\alpha)\sin\alpha = ۱۰۰L\sin\alpha\cos\alpha$$

$$\Delta H = ۱۰۰L\sin\alpha\ \cos\alpha + h_1 - Z$$

و چنانچه ارتفاع دوربین (Z) با قرائت تار وسط برابر باشند خواهیم داشت :

$$h_1 = Z$$

$$\Delta H = ۱۰۰L\sin\alpha\ \cos\alpha$$

مثال : برای اندازه‌گیری فاصله افقی و اختلاف ارتفاع نقاط A , B روی نقطه A ایستگاه‌گذاری کرده و شاخص را درنقطه B قرار داده‌ایم و تار بالا $L_1 = ۱۵۷۰^{mm}$ وتار پایین $L_2 = ۵۲۰^{mm}$ و زاویه قائم ۸° و ارتفاع دستگاه ۱/۵۵ متر وتار وسط $Z = ۱۰۴۰^{mm}$ قرائت شده است. مطلوب است محاسبه فاصله و اختلاف ارتفاع نقاط A , B.

$$L = L_1 - L_2 = ۱۵۷۰ - ۵۲۰ = ۱۰۵۰^{mm} = ۱/۰۵۰^{m}$$

$$D_h = ۱۰۰L\cos^2\alpha = ۱۰۰\times ۱/۰۵۰\times\cos^2 ۸^\circ = ۱۰۲/۹۶^{m}$$

$$\Delta H_{AB} = ۱۰۰L\sin\alpha\cos\alpha + h_1 - Z = ۱۰۰\times ۱/۰۵۰\times\sin ۸^\circ\times\cos ۸^\circ + ۱/۵۵ - ۱/۰۴۰$$

$$\Delta H_{AB} = ۱۴/۹۸m$$

خودآزمایی

۱ــ سه محور تئودولیت را نام ببرید.

۲ــ زاویه شیب و زاویه سمت الرأس را تعریف کنید.

۳ــ زاویه‌ی شیب به‌دست آمده در سؤالات فصل ۲ به‌وسیله شیب‌سنج را با استفاده از دوربین تئودولیت به‌دست آورید آیا مقادیر یکسان است؟ چرا؟

مسائل

۱ــ چنانچه زاویه سمت الرأس امتدادی برابر ۳۰°۲۵′ باشد زاویه شیب آن را برحسب گراد حساب کنید. (با استفاده از جداول ضمیمه آخر کتاب)

۲ــ برای اندازه‌گیری زاویه $A\hat{O}B$ روی ایستگاه O مستقر شده و درامتداد A درحالت دایره به چپ دوربین عدد $^{gr}۳۵/۷۵۰$ و روی امتداد B عدد $^{gr}۱۲۰/۲۵۰$ و درحالت دایره به راست دوربین روی امتداد A عدد $^{gr}۲۳۵/۷۵۴$ و روی امتداد B عدد $^{gr}۳۲۰/۲۵۶$ را قرائت کرده‌ایم. مطلوب است محاسبه زاویه $A\hat{O}B$.

۳ــ برای به دست آوردن فاصله افقی و اختلاف ارتفاع دونقطه B, A روی نقطه A مستقر شده و روی نقطه B شاخص را به طور قائم نگه داشته‌ایم و تار بالا ۳۱۷۰mm و تار پایین ۱۷۵۰mm و تار وسط را ۲۲۵۰mm قرائت کرده‌ایم. چنانچه ارتفاع دوربین ۱/۵۰ متر و قرائت زاویه قائم ۸۲/۵۰ گراد باشد، مطلوب است محاسبه فاصله افقی و اختلاف ارتفاع نقاط A و B.