

### اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی

یکی از کمیت‌هایی که برای تهیه‌ی نقشه باید اندازه‌گیری شود فاصله‌ی افقی دو نقطه است. این کمیت گاهی مستقیماً روی زمین افقی اندازه‌گیری می‌شود و گاه با اندازه‌گیری فاصله‌ی غیر افقی دو نقطه (که به آن فاصله‌ی مورب می‌گویند) و زاویه‌ی شیب امتداد بین دو نقطه به طریقه‌ی غیرمستقیم محاسبه می‌گردد.

نکته‌ی دیگر آن که گاهی بین دو نقطه‌ای که می‌خواهیم فاصله‌ی افقی آن‌ها را پیدا کنیم موانعی وجود دارد که در این صورت نیز با روش‌های غیرمستقیم این فاصله تعیین می‌گردد. در این فصل روش‌های اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی را خواهید آموخت و با وسایل مختلف که برای این کار مورد استفاده قرار می‌گیرد آشنا خواهید شد.

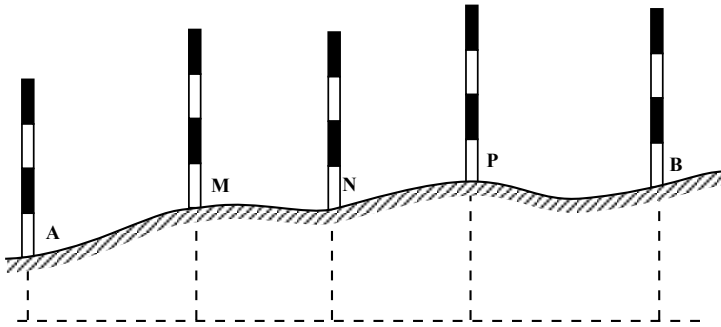
در پایان این فصل، دانش‌آموز باید قادر باشد :

- عمل ژالون‌گذاری یک امتداد را به منظور اندازه‌گیری فاصله، به نحو صحیح انجام دهد و ضمن این کار علامت دادن با دست را هم تمرین کند.
- با استفاده از وسایل ساده، فاصله‌ی افقی دو نقطه را در روی زمین‌های مسطح و شیب‌دار به روش‌های مستقیم و غیرمستقیم، با مانع و بدون مانع، تعیین نماید.
- به کمک دستگاه‌های ترازباب در زمین‌های مسطح و بعضی در زمین‌های شیب‌دار فاصله‌ی افقی دو نقطه‌ی مشخص شده‌ی روی زمین را به دست آورد.
- فاصله‌ی افقی دو نقطه‌ی مشخص شده روی زمین را به کمک تتودولیت‌ها تعیین کند.

#### ۴-۱- ژالون‌گذاری امتداد

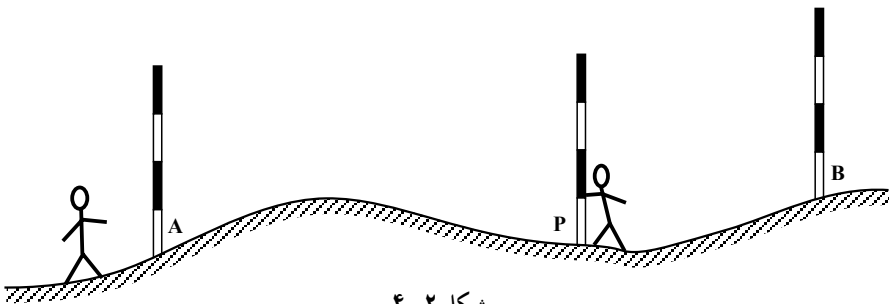
قبل از اندازه‌گیری فاصله با وسایل ساده در نقشه‌برداری، آن را ژالون‌گذاری (امتدادگذاری) می‌کنند. همان‌گونه که می‌دانید فاصله‌ی دو نقطه یعنی کوتاه‌ترین راه بین آن دو نقطه، که امتدادی است

مستقیم قبل از اندازه گیری؛ این امتداد مستقیم را با چند ژالون مشخص می کنند و به این کار ژالون گذاری امتداد می گویند (اگر طول خیلی کوتاه باشد که با یک بار مترکشی بتوان آن را اندازه گرفت دیگر احتیاج به این کار نیست).



شکل ۴-۱

عمل ژالون گذاری به این ترتیب انجام می گیرد که ابتدا روی دو نقطه، مثلاً A و B شکل ۴-۲، دو ژالون به طور قائم می گذاریم. یک نفر پشت یکی از دو ژالون (به فاصله ی بیش از دو متر با آن) می ایستد و در حالی که یک چشم خود را بسته است با چشم دیگر به ژالون بعدی نگاه می کند به طوری که دو ژالون مزبور را روی هم ببیند. بعد نفر دیگری ژالونی را به طور قائم در امتداد تقریبی دو نقطه به چپ و راست حرکت می دهد تا نفر اول هر سه ژالون را در یک امتداد ببیند.



شکل ۴-۲

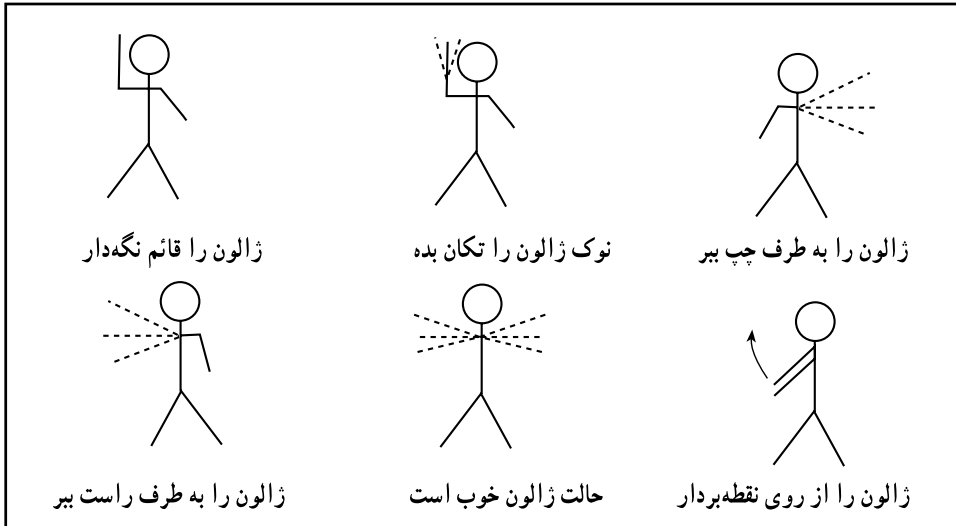
این کار برای هر چند نقطه که لازم باشد تکرار می شود تا امتداد مستقیم برای مترکشی کاملاً مشخص گردد.

تبصره ۱: برای دقیق تر انجام شدن کار لازم است همراه ژالون ها از تراز نبشی برای قائم کردن آنها استفاده کنیم.

تبصره ۲: در حالتی که بین دو نقطه مانعی وجود داشته باشد بعداً بحث خواهد شد.

## ۴-۲- علامت دادن با دست

وقتی فاصله‌ی بین افرادی که با یکدیگر عمل ژالون‌گذاری را انجام می‌دهند زیاد باشد دیگر صدا رسا به گوش نمی‌رسد در این حالت معمولاً یک فرد با علامت دادن دست می‌تواند منظور خود را به دیگری بفهماند. در این گونه موارد می‌توان با توجه به شکل‌های راهنمای زیر عمل کرد (شکل ۴-۳).

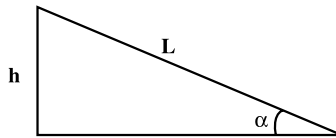


شکل ۴-۳

## ۴-۳- اندازه‌گیری طول به روش مستقیم

در این روش از نوارهای اندازه‌گیری پارچه‌ای یا فلزی استفاده می‌کنند و چون برای رسم نقشه احتیاج به طول‌های افقی داریم در عمل، حتی روی یک سطح شیب‌دار طول باید افقی اندازه‌گیری شود؛ و در غیر این صورت پس از اندازه‌گیری طول روی سطح شیب‌دار، باید آن را با محاسبه به طول افقی تبدیل کرد. فرمول محاسبه چنین است:

$$L \cos \alpha = D \quad (\alpha \text{ زاویه‌ی شیب است})$$



شکل ۴-۳-۱

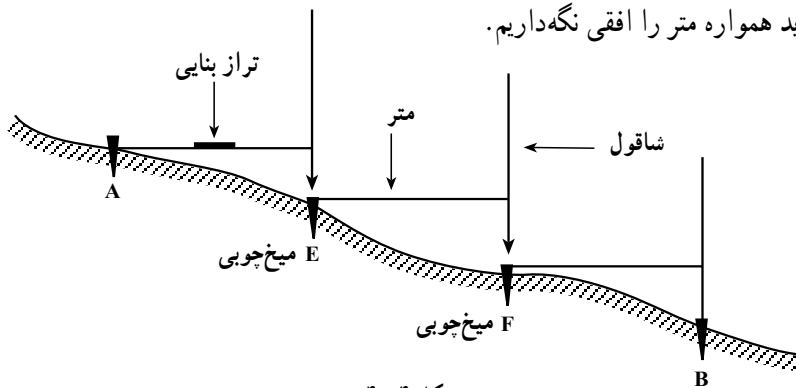
در عمل، بر حسب آن که طول بر روی زمین مسطح و یا زمین شیب‌دار قرار گرفته باشد حالت‌های مختلف پیش می‌آید که در هر حالت پس از ذکر وسایل مورد نیاز روش کار توضیح داده می‌شود.

۴-۴ اندازه‌گیری طول به روش مستقیم در روی زمین مسطح با وسایل ساده  
وسایل مورد نیاز: نوار اندازه‌گیری، چند عدد ژالون، میخ‌های چوبی به طول ۲۵-۲۰ سانتی‌متر، میخ‌های فلزی کوچک برای نصب روی میخ‌های چوبی، شاقول، مداد و دفترچه، رنگ و قلم‌مو در موارد لازم.

روش کار: چون نمی‌توان فواصل بلند را به یک باره اندازه‌گیری نمود باید ابتدا امتداد طول مورد نظر را ژالون‌گذاری و مشخص کرد؛ به این صورت که با استفاده از میخ‌های چوبی و فلزی و با علامت‌گذاری، طول مزبور را به فواصل کوچک‌تر مثلاً ۳۰-۲۰ متر (که این فواصل متناسب با طول نوار انتخاب می‌شود) تقسیم و سپس فواصل بین میخ‌ها را با نوار اندازه‌گیری و یادداشت نمود.

۴-۵ اندازه‌گیری طول افقی به روش مستقیم در روی زمین شیب‌دار با وسایل ساده  
وسایل مورد نیاز: نوار اندازه‌گیری، شاقول، تراز، چند عدد ژالون، میخ‌های چوبی و فلزی، مداد و دفترچه، رنگ و قلم‌مو در موارد لازم.

روش کار: پس از ژالون‌گذاری و میخ‌کوبی (به ترتیبی که در روش کار قبل گفته شد) باز فواصل میخ‌ها با نوار اندازه‌گیری و ثبت می‌شود با این تفاوت که چون روی سطح شیب‌دار اندازه‌گیری می‌کنیم باید همواره متر را افقی نگاه داریم.



شکل ۴-۴

برای این کار از یک تراز بنایی روی متر استفاده می‌شود و برای تصویر نمودن نقطه‌ی انتهایی هر دهانه مترکشی، از شاقول (ژالون) استفاده می‌کنیم اگر تراز بنایی در اختیار نداریم یک نفر با شاقول یا ژالون در کناری می‌ایستد و زاویه‌ی نوار و امتداد شاقول (ژالون) را تحت زاویه‌ی ۹۰ با نوار کنترل می‌کند.

در این جا تراز دستی وسیله‌ی خوبی برای به حالت افقی در آوردن متر می‌باشد (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵



شکل ۴-۶

#### ۴-۶- تعیین طول افقی در روی سطح شیب‌دار با اندازه‌گیری طول مورّب و زاویه‌ی شیب

وسایل مورد نیاز: شیب‌سنج، نوار اندازه‌گیری، چند عدد ژالون، میخ‌های چوبی و فلزی، شاقول، وسایل نوشتن و رنگ زدن.

روش کار: ابتدا فاصله‌ی غیر افقی (مورّب) بین دو نقطه را به وسیله‌ی نوار اندازه گرفته و بعد زاویه‌ی شیب بین دو نقطه را به کمک شیب‌سنج به دست می‌آوریم؛ سپس با استفاده از رابطه‌ی  $D = L \cos$  طول افقی را با محاسبه به دست می‌آوریم.

## ۴-۷- تعریف تصحیح تبدیل به افق

اختلاف دو طول D و L را (شکل ۱-۳-۴) تصحیح تبدیل به افق (تصحیح شیب) می‌گویند و مقدار آن را از رابطه‌ی زیر به دست می‌آورند.

$$|C| = D - L = L \cos \alpha - L = |L(\cos \alpha - 1)|$$

از این تصحیح موقعی استفاده می‌کنند که طول L در دست باشد و از روی آن بخواهیم D را به دست آوریم. ممکن است به جای زاویه‌ی شیب اختلاف ارتفاع دو سر طول یعنی (h) اندازه‌گیری شود. در این صورت تصحیح تبدیل به افق از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$C = \frac{-h^2}{2L}$$

سپس اگر مقدار C به L اعمال شود D به دست می‌آید.

مثال: دو نقطه‌ی A و B با اختلاف ارتفاع ۲ متر روی یک سطح شیب‌دار قرار دارند. در صورتی که فاصله در امتداد شیب آن‌ها ۱۰۰ متر باشد اولاً مقدار تصحیح تبدیل به افق، ثانیاً فاصله‌ی افقی این دو نقطه را به دست آورید.

$$C = \frac{-2^2}{2 \times 100} = -\frac{4}{200} = -\frac{2}{100} \text{ متر} = -2 \text{ سانتی متر}$$

$$D = L - C = 100 - (-0.02) = 99.98 \text{ متر}$$

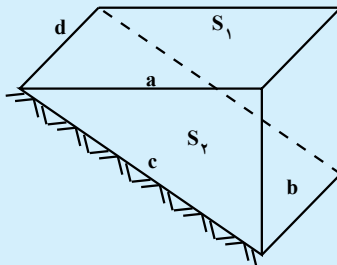
تبصره: اگر برای فواصل و اختلاف ارتفاع‌های مختلف مقادیر تصحیح تبدیل به افق را حساب کنیم و در یک جدول بنویسیم به چنین جدولی جدول تصحیح تبدیل به افق می‌گویند که در موقع عمل ما را از محاسبه بی‌نیاز می‌کند.

### مطالعه آزاد

#### اخلاق حرفه‌ای در نقشه‌برداری زمین در سطوح شیب‌دار کوهستانی

از آنجایی که در اندازه‌گیری‌ها، فواصل افقی و سطوح مستوی مدنظر قرار می‌گیرد، لذا زمین‌هایی که در دامنه کوه‌ها و تپه‌ها برای ویلاسازی خرید و فروش می‌شود و چنانچه به بحث ظریف نقشه‌برداری آن توجهی نشود، باعث خسارت‌های مالی فراوان برای خریدار می‌شود؛ چرا که خریدار در واقع باید مساحت زمین موردنظر

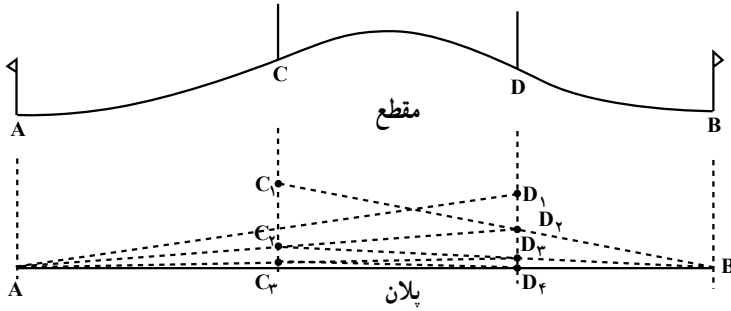
در سطح شیبدار را به صفحه افقی تصویر کرده و مساحت سطح مستوی آن را پرداخت نماید. طبق شکل زیر  $a^2$  .  $c^2$  .  $b^2$  می باشد در صورتی که توجه به امر فوق نشود



باعث می شود که به جای پرداخت برای  $S_1 \cdot ad$  مقدار بیشتری یعنی برای  $S_2 \cdot cd$  پرداخت می شود. به عنوان مثال اگر قیمت زمینی به مساحت یک هکتار که در یک منطقه شیبدار با شیب  $20^\circ$  قرار گرفته باشد حدود پانصد میلیون تومان باشد با احتساب تصحیح فوق قیمت زمین در سطح افقی به مبلغ چهارصد و نود میلیون تومان کاهش پیدا خواهد کرد.

## ۸-۴- اندازه گیری فاصله ی دو نقطه که بین آن ها مانع دید یا عبور یا هر دو قرار دارد

مانع دید: مثلاً A و B دو نقطه اند که می خواهیم فاصله ی بین آن ها را اندازه گیری کنیم (شکل ۷-۴) و بین آن ها یک تپه قرار گرفته است. ابتدا دو ژالون روی دو نقطه قرار می دهیم، سپس دو نفر به کمک هم و متقابلاً بین دو نقطه ی A و B دو ژالون به این ترتیب قرار می دهند که از نقطه ی  $C_1$  ژالون B و از نقطه ی  $D_1$  ژالون A دیده شود. حال شخصی که در نقطه ی  $C_1$  است ژالون  $D_1$  را در امتداد B،  $C_1$  به نقطه ی  $D_2$  هدایت می کند. و پس از آن، شخصی که در نقطه ی  $D_2$  ایستاده ژالون  $C_1$  را به نقطه ی  $C_2$  در امتداد  $D_2A$  هدایت می کند. این کار ادامه می یابد تا جایی که به عمود قرار گرفتن کامل ژالون ها در روی نقاط مابین، دیگر انحرافی وجود نداشته باشد.



شکل ۷-۴

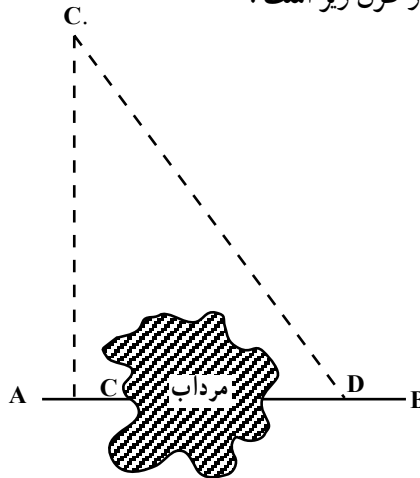
در این حالت نقاط A, C, D و B همه در یک امتداد بوده و مجموع اندازه‌های فواصل افقی AC, CD و DB اندازه‌ی فاصله‌ی افقی AB را تشکیل می‌دهد.

مانع عبور: در این جا دو حالت را در نظر می‌گیریم.

حالت اول: بین دو نقطه مانع عبور وجود دارد، ولی در فاصله‌ی نزدیک، مانع را می‌توان دور

زد (به عنوان مثال، بین دو نقطه حوض، استخر، مرداب، نهالستان و غیره وجود دارد).

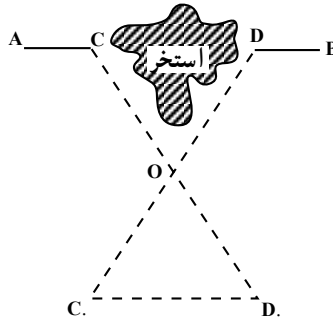
طرز عمل به یکی از طرق زیر است:



شکل ۸-۴: از نقطه‌ی C واقع در روی امتداد AB عمودی اخراج و با انتخاب و اندازه‌گیری طول CC.

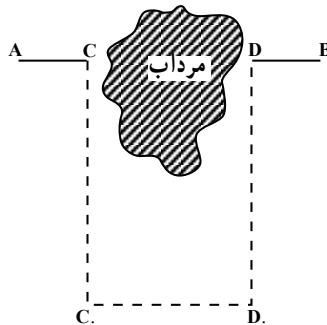
طول C.D را در روی زمین اندازه‌گیری می‌کنیم. در این صورت می‌شود:  $CD = \sqrt{DC \cdot CC}$  . نوشت:





شکل ۹-۴ در روی امتداد AB دو نقطه‌ی C و D اختیار کرده و بر روی زمین در خارج از امتداد AB نقطه‌ای مانند O را مشخص می‌کنیم. سپس OD و OC را به ترتیب متناسب با طول‌های OC و OD جدا می‌نماییم، در نتیجه

$$\frac{OC}{OD} = \frac{OD}{OC} = \frac{C.D.}{CD}$$

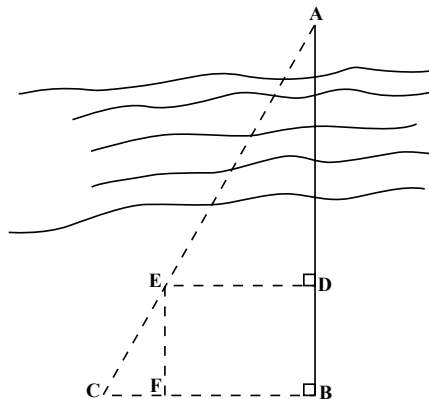


شکل ۱۰-۴ می‌توان فاصله‌ی CD را با ایجاد عمودهای CC'، DD' به C.D. منتقل نموده و به جای اندازه گرفتن

طول CD طول C.D. را اندازه گرفت: DB . AC . C.D. . AB

حالت دوم: بین دو نقطه مانع عبور قرار گرفته و نمی‌توان در فاصله‌ای نزدیک مانع را دور زد (مانند رودخانه).

به عنوان مثال می‌خواهیم فاصله‌ی A تا B را که بین آن‌ها رودخانه قرار دارد اندازه بگیریم.



شکل ۱۱-۴

برای این کار ابتدا یک نقطه روی امتداد AB پیدا کرده (نقطه‌ی D) سپس از B و D دو عمود بر امتداد AB اخراج می‌کنیم و نقطه‌های E و C را بر روی این دو عمود طوری انتخاب می‌کنیم که C، E و A در یک امتداد باشند (در عمل ابتدا نقطه‌ی C را روی عمود اخراجی از B انتخاب و سپس نقطه‌ی E را که محل تقاطع دو خط AC و عمود اخراجی از D است پیدا می‌کنیم). حال با اندازه‌گیری ED، BC و BD با توجه به تشابه دو مثلث ABC و EFC می‌توان نوشت:

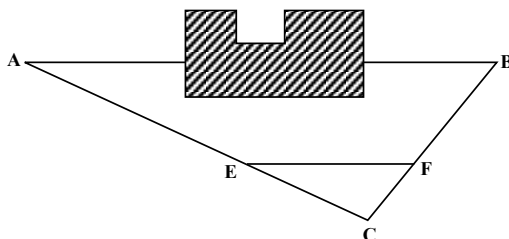
$$\frac{AB}{BC} \cdot \frac{EF}{FC} = \frac{AB}{BC} \cdot \frac{BD}{BC \cdot DE} \quad \text{یا} \quad AB \cdot BC \frac{BD}{BC \cdot ED}$$

وجود مانع عبور و دید هر دو: مثلاً یک ساختمان در بین راه A تا B قرار گرفته در این صورت نقطه‌ای مانند C چنان انتخاب می‌کنیم که محاسبه‌ی طول‌های AC و BC به طور مستقیم آسان باشد. سپس روی امتداد AC طول EC را به اندازه‌ی  $\frac{1}{m} AC$  و روی امتداد BC طول FC را به اندازه‌ی  $\frac{1}{m} BC$  انتخاب می‌کنیم. پس:

$$EC \cdot \frac{1}{m} AC = FC \cdot \frac{1}{m} BC$$

در نتیجه با توجه به تشابه دو مثلث ABC و EFC می‌توان نوشت:

$$EF \cdot \frac{1}{m} AB = AB \cdot m \times EF$$



شکل ۱۲-۴

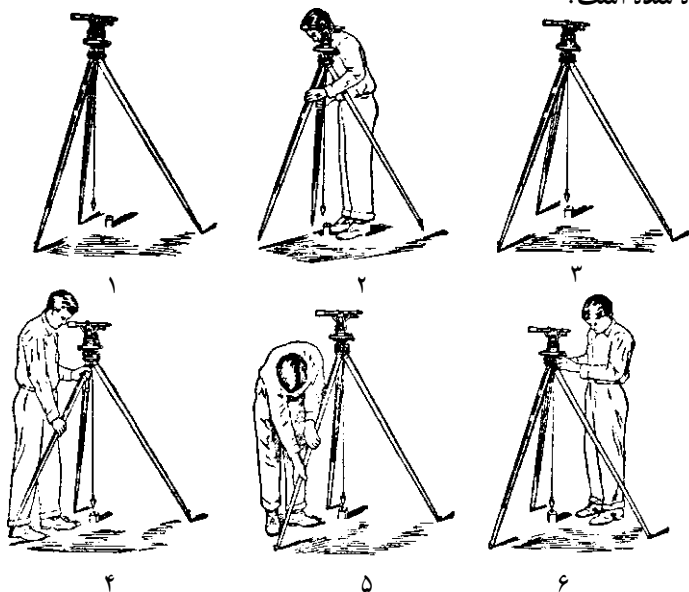
#### ۴-۹- استفاده از تراز یاب برای اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی

برای اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی قبلاً باید طرز استقرار دستگاه را بر روی یک نقطه‌ی مشخص یاد گرفت و با شاخص آشنا شد.

مستقر کردن تراز یاب (ایستگاه گذاری): منظور از مستقر کردن تراز یاب بر روی یک نقطه آن است که دستگاه را طوری قرار دهیم که

اولاً محور قائم دستگاه از آن نقطه عبور کند. (این کار به کمک یک شاقول که در زیر دستگاه اضافه می‌شود انجام می‌پذیرد) و ثانیاً دستگاه تراز شود.

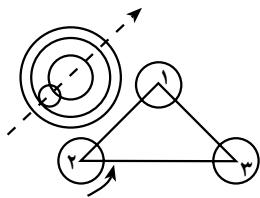
طرز استقرار تراز یاب بر روی یک نقطه‌ی مشخص: برای استقرار تراز یاب روی یک نقطه‌ی مشخص ابتدا سه پایه را، که در زیر آن شاقول اضافه شده، طوری قرار می‌دهیم که نقطه بین سه تا پایه و به عبارت دیگر در داخل مثلثی که پایه‌ها سه رأس آن‌اند، قرار بگیرد. سپس با ثابت کردن یک پایه و تغییر مکان دو پایه‌ی دیگر، نوک شاقول را بر روی نقطه‌ی مورد نظر می‌آوریم، ضمن آن که سعی می‌کنیم صفحه‌ی بالای سه پایه را تقریباً افقی کنیم. پس از محکم کردن نوک پایه‌ها در زمین دستگاه را به نحوی که ذیلاً گفته می‌شود تراز می‌نماییم. مراحل عمل استقرار روی یک نقطه در شکل ۴-۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۳

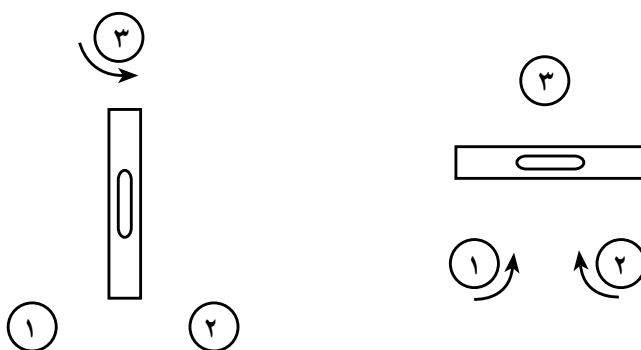
تراز کردن تراز یاب: با توجه به آن که دستگاه دارای تراز کروی یا استوانه‌ای است به ترتیب زیر عمل می‌شود:

الف: برای دستگاه‌هایی که تراز کروی دارند پس از قرار دادن تراز کروی بین دو تراز بیج‌های تراز کننده این دو بیج را در جهت مخالف یکدیگر می‌چرخانیم تا حباب تراز در امتداد بیج سوم تراز کننده قرار بگیرد. سپس با چرخاندن بیج سوم حباب را وسط دایره‌ی تنظیم تراز می‌آوریم (شکل ۴-۱۴).



شکل ۴-۱۴

ب: در دستگاه‌هایی که تراز استوانه دارند برای تراز کردن ابتدا محور تراز دستگاه را موازی امتداد دو تا از پیچ‌های تراز کننده قرار می‌دهیم و با چرخاندن این دو پیچ در جهت مخالف یکدیگر حباب تراز را وسط (بین دو نشانه) تنظیم می‌کنیم. سپس دوربین را می‌چرخانیم تا تراز آن در امتداد پیچ سوم قرار گیرد و این بار فقط با چرخاندن همین پیچ در جهت مناسب حباب را، که جابه‌جا شده است، دوباره به وسط (بین دو نشانه) می‌آوریم در این لحظه باید دستگاه تراز باشد که در صورت تراز نبودن کامل، عملیات گفته شده تکرار می‌شود (البته اگر قبلاً دستگاه را تقریباً به حالت افقی قرار داده باشیم عمل تراز کردن سریع‌تر انجام می‌شود) (شکل ۴-۱۵).



شکل ۴-۱۵

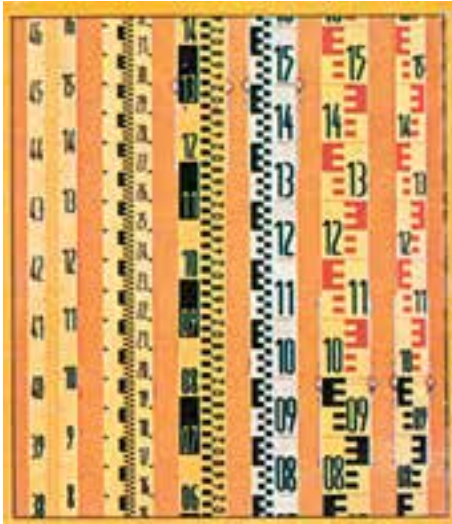
#### ۱-۴- شاخص (Rod)

شاخص وسیله‌ای است که همراه دستگاه‌های تراز یاب یا زاویه‌یاب برای عملیات مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این وسیله، در واقع، یک خط‌کش بلند است که به تقسیمات سانتی‌متر مدرج شده و برای سهولت خواندن آن، سانتی‌مترها غالباً یک در میان به رنگ سفید و سیاه است و هر ده سانتی‌متر نیز با خط بزرگتر یا عدد نشان داده شده است. اعداد در بعضی شاخص‌ها به صورت معکوس نوشته شده که در این صورت همراه دوربین‌هایی که تصویر معکوس دارند مورد استفاده قرار می‌گیرند و در بعضی دیگر از شاخص‌ها اعداد به صورت مستقیم نوشته شده که برای استفاده همراه با دوربین‌هایی که تصویر مستقیم دارند مناسب است. شاخص معمولاً از چوب ساخته می‌شود و طول آن ۲، ۳ و ۴ متر است. عرض شاخص‌ها غالباً بین ۱۲-۷ سانتی‌متر و ضخامت آن‌ها بسته به جنس چوبی که از آن استفاده شده حدود چند سانتی‌متر می‌باشد. در شکل ۴-۱۶ چند نمونه از شاخص‌ها را می‌بینید.

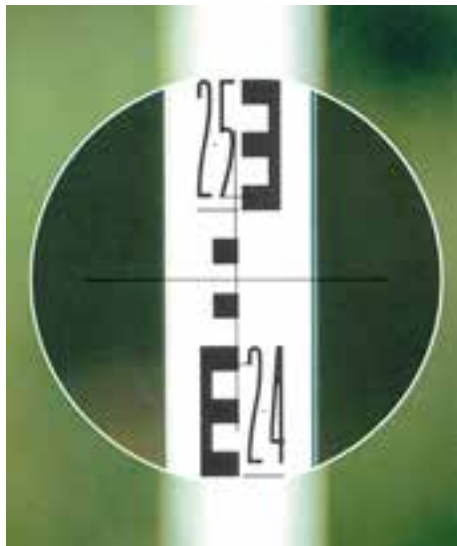
## ۴-۱۱- اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی با تراز یاب اپتیکی

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد در داخل لوله‌ی دوربین تراز یاب‌ها صفحه‌ای به نام صفحه‌ی رتیکول (Reticule (Cross Hairs)) قرار دارد که بر روی آن دو تار بلند قائم و افقی در وسط دایره‌ای همدیگر را قطع کرده‌اند که از آن‌ها برای تراز یابی استفاده می‌شود علاوه بر این تارها، در اکثر تراز یاب‌ها دو تار کوچک افقی نیز در بالا و پایین تار بلند افقی (تار وسط) وجود دارند که از آن‌ها



شکل ۴-۱۶- چند نمونه شاخص

برای پیدا کردن فاصله‌ی افقی دو نقطه استفاده می‌شود. به این شکل که اگر اختلاف دو تار بالا و پایین را با  $L$  نشان دهیم از فرمول  $L \cdot 10^\circ = D_h$  می‌توان فاصله‌ی افقی را به دست آورد. در این مورد به شکل ۴-۱۷ توجه کنید.



شکل ۴-۱۷- تارهای رتیکول

قرائت تار بالا: ۲۵۰۶ میلی‌متر قرائت تار پایین: ۲۴۴۲ میلی‌متر

۱- Horizontal Distance

استفاده از زاویه یاب اپتیکی برای اندازه گیری فاصله ی افقی: در این جا نیز مانند تراز یاب باید ابتدا طرز استقرار دستگاه روی نقطه ی مشخص را آموخت.

مستقر کردن زاویه یاب بر روی یک نقطه ی مشخص: منظور از مستقر کردن زاویه یاب بر روی یک نقطه ی مشخص، همان گونه که در مورد تراز یاب گفته شد، آن است که زاویه یاب را به شکلی قرار دهیم که اولاً محور اصلی دستگاه از آن نقطه بگذرد و ثانیاً دستگاه تراز شود. طرز عمل در این جا به ترتیب زیر است:

ابتدا به کمک شاقول اپتیکی دستگاه را بر روی نقطه ی مشخص آورده و نوک پایه ها را کاملاً در زمین فرو می کنیم. سپس با بلند و کوتاه کردن طول پایه ها تراز کروی روی پایه دوربین را تنظیم می نماییم. برای تنظیم تراز دوم (که بر روی آلیاد قرار دارد) آلیاد را در دو جهت عمود بر هم قرار داده و این بار به کمک پیچ های تراز کننده در زیر پایه، این تراز را تنظیم و بالاخره به کمک پیچ مخصوص تراز سوم (تراز لویبایی که در کنار لمب قائم قرار دارد) آخرین تراز را هم تنظیم می کنیم. تبصره: در زاویه یاب های اتوماتیک، همانگونه که قبلاً گفته شد، به جای تراز سوم کمپانساتور کارگزارده شده و پس از تنظیم تراز دوم به طور خودکار دستگاه تراز می گردد.

## ۱۲-۴- اندازه گیری فاصله ی افقی با زاویه یاب (استادیمتری) (Stadimetry)

این عمل در دو حالت بررسی می شود.

۱- استادیمتری با حالت افقی دوربین ۲- استادیمتری با حالت غیر افقی دوربین

حالت اول: استادیمتری با حالت افقی دوربین: این کار به کمک شاخص که قبلاً با آن آشنا شدید انجام می شود.

اساس کار: فرض کنید در نقطه ای، مانند A، ایستگاه گذاری کرده ایم و در نقطه ی دیگری، مانند B، شاخص را قرار داده ایم و به آن نگاه می کنیم. تصویری از شاخص داخل دوربین ایجاد می گردد که در صورت رفع پارالاکس<sup>۱</sup>، این تصویر روی صفحه ی رتیکول قرار می گیرد. طرز عبور اشعه و شکل تصویر در شکل ۱۸-۴ دیده می شود.

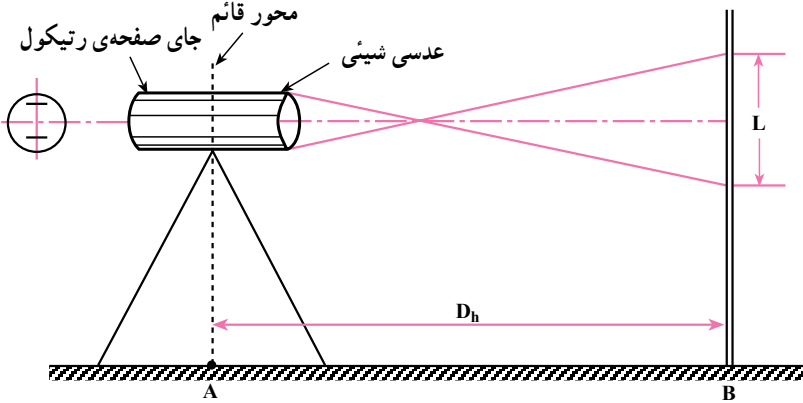
فرمول پیدا کردن فاصله با روش استادیمتری به شکل زیر است (این رابطه به نام فرمول اساسی استادیمتری معروف است):

$$D_h \cdot KL$$

۱- زمانی که تصاویر شاخص و تارهای رتیکول دقیقاً واضح نیستند، اصطلاحاً می گویند دستگاه پارالاکس دارد.

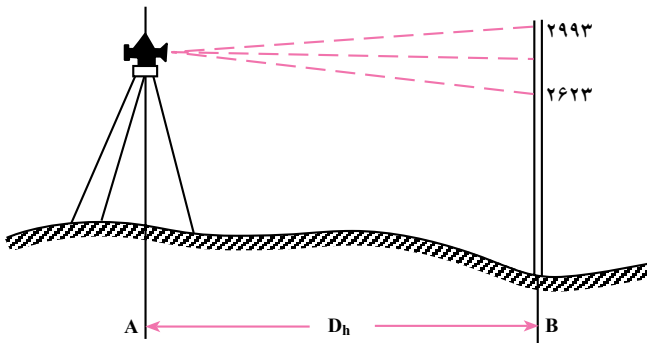
( $D_h$  فاصله‌ی افقی و  $L$  اختلاف دو تار بالا و پایین)  
ضریب  $K$  معمولاً برابر عدد صد است پس می‌توان نوشت:

$$D_h \cdot 100 = L$$



شکل ۱۸-۴

مثال: برای اندازه‌گیری فاصله‌ی دو نقطه‌ی A و B، روی نقطه‌ی A ایستگاه‌گذاری کرده و شاخص را در نقطه‌ی B قرار داده‌ایم. با توجه به شکل، فاصله‌ی دو نقطه A و B را پیدا کنید.



شکل ۱۹-۴

اختلاف دو تار ۳۷۰. ۲۶۲۳. ۲۹۹۳

میلی‌متر  $100 \times 370 = 37000$ .  $D_h \cdot 100 = L$

متر ۳۷. ۱۰۰۰. ۳۷۰۰۰

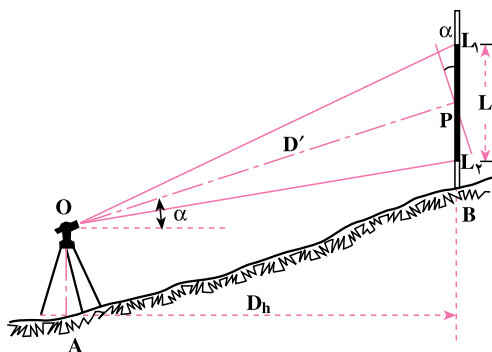
تذکر مهم: شرط استفاده از فرمول  $D_h \cdot 100 = L$  آن است که امتداد شاخص بر امتداد محور نشانه روی عمود باشد. بنابراین هنگام اندازه‌گیری باید دوربین کاملاً افقی باشد (در تراز یاب این حالت به طور طبیعی وجود دارد) و شاخص هم کاملاً قائم نگه‌داشته شود.

اگر با حالت افقی دوربین شاخص دیده نشود به طریق دیگری که ذیلاً توضیح داده می‌شود عمل می‌کنیم:

حالت دوم: اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی با زاویه‌یاب در حالت غیر افقی دوربین (استادیمتری در شیب): در مواقعی که زمین بین دو نقطه‌ی A و B دارای شیب نسبتاً زیاد است و با حالت افقی دوربین، امکان دیدن شاخص وجود ندارد برای پیدا کردن فاصله‌ی افقی از فرمول زیر استفاده می‌شود که در آن L فاصله‌ی دو تار بالا و پایین رتیکول و  $\alpha$  زاویه‌ی شیب امتداد نشانه روی است:

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

مقدار  $100 \cdot L$  یک بار به خاطر عمود نبودن شاخص بر امتداد نشانه روی و یک بار به خاطر پیدا کردن فاصله‌ی افقی از روی فاصله‌ی مایل در  $\cos \alpha$  ضرب می‌شود.



شکل ۲۰-۴

مثال: برای پیدا کردن فاصله‌ی افقی دو نقطه‌ی A و B بر روی نقطه‌ی A با تئودولیت ایستگاه‌گذاری کرده و پس از نشانه روی به شاخص قائم در نقطه‌ی B قرائت تارهای بالا و پایین به ترتیب  $15^{\circ} 5'$  و  $1298$  و زاویه‌ی قائم  $85^{\circ} 55'$  شده است. فاصله‌ی افقی فوق چند متر است؟

حل: زاویه‌ی قائم قرائت شده - زاویه‌ی  $9^{\circ} =$  زاویه‌ی شیب ( $\alpha$ )

$$\alpha = 9^{\circ} - 85^{\circ} 55' = 4^{\circ} 05'$$

$$L = 1505 - 1298 = 207 \text{ میلی متر}$$

$$D_h = 100 \times 207 \times \cos^2(4^{\circ} 05') = 20575 \text{ میلی متر} = 20 / 575 \text{ متر}$$

۱- وقتی دوربین زاویه‌یاب در حالت افقی قرار می‌گیرد معمولاً زاویه‌ی  $90^{\circ}$  روی صفحه‌ی مدرج قائم خوانده می‌شود و به ندرت در بعضی زاویه‌یاب‌ها در این حالت زاویه‌ی صفحه‌ی مدرج قائم صفر است.



## ۱۳-۴- خطاها و اشتباهات در استادیومتری

مهمترین خطاها در استادیومتری عبارت است از: خطای قائم نبودن شاخص، خطای ایستگاه‌گذاری، خطای قرائت زاویه‌ی قائم، خطای قرائت شاخص، خطای پارالاکس و خطای انکسار نور. موارد اشتباهی که معمولاً پیش می‌آید عبارت است از: خواندن و نوشتن غلط مقدار زاویه‌ی قائم، خواندن یا نوشتن غلط اعداد مربوط به تارهای رتیکول و فراموشی در تراز کردن صفحه‌ی مدرج قائم موقع قرائت زاویه‌ی صفحه‌ی مدرج قائم.

## فعالیت‌های عملی

### فعالیت عملی ۱

ژالون‌گذاری یک امتداد: دو نقطه روی زمین انتخاب کرده و پس از مشخص ساختن آن‌ها (با میخ‌کوبی یا علامت‌گذاری) عمل ژالون‌گذاری بین آن‌ها انجام می‌شود (بهتر است دو نقطه حداقل ۱۰۰ متر فاصله داشته باشند و زمین نیز ناهموار باشد). ضمن عمل بالا علامت دادن با دست تمرین گردد. تبصره: به منظور استقرار قائم ژالون از تراز ژالون استفاده می‌گردد و در محل‌هایی که امکان فرو کردن ژالون در زمین نیست از سه پایه‌ی ژالون کمک گرفته می‌شود.

### فعالیت عملی ۲

تعیین محل تقاطع دو امتداد: چهار نقطه که دوه‌دو تشکیل یک امتداد و باهم تشکیل دو امتداد متقاطع را می‌دهند، بر روی زمین انتخاب شده پس از میخ‌کوبی (علامت‌گذاری) آن‌ها محل تقاطع دو امتداد به کمک ژالون‌هایی که روی چهار نقطه گذارده می‌شود به دست می‌آید.

### فعالیت عملی ۳

اندازه‌گیری طول به روش مستقیم در روی زمین مسطح: دو نقطه در روی زمین مسطح انتخاب و آن‌ها را میخ‌کوبی یا علامت‌گذاری می‌کنند سپس با ژالون‌گذاری

فاصله‌ی آن‌ها را به فواصل کوچک‌تر (چند دهنه) تقسیم کرده و طول هر دهنه را با مترکشی افقی تعیین و با جمع طول‌های به دست آمده طول کل به دست می‌آید (ضمن عمل، راجع به وضعیت صفر متر و طرز قرائت طول توضیح داده شود).

تبصره: بهتر است فاصله‌ی دو نقطه حداقل  $11^{\circ}$  متر باشد.

پس از انجام عمل بالا، بار دیگر به صورت رفت و برگشت کار را تکرار کرده و طول‌های به دست آمده با یکدیگر مقایسه می‌شود (می‌توان با استفاده از فرمول مربوطه حد مجاز اختلاف طول رفت و برگشت را مشخص کرد و در مواردی که دقت کم است مجدداً این کار را انجام داد).

#### فعالیت عملی ۴

اندازه‌گیری طول افقی به روش مستقیم روی سطح شیب‌دار: دو نقطه روی یک سطح شیب‌دار مشخص کرده پس از ژالون‌گذاری امتداد بین آن دو نقطه طول افقی هر دهنه را به دست آورده و با جمع کردن، فاصله‌ی افقی دو نقطه به دست می‌آید. به منظور افقی بودن متر هنگام اندازه‌گیری طول، از تراز مخصوص مترکشی و یا تراز لوله‌ای استفاده می‌شود.

با اندازه‌گیری مجدد این جا نیز، می‌توان به دقت کار پی برد.

#### فعالیت عملی ۵

تعیین طول افقی با اندازه‌گیری طول مورب و زاویه‌ی شیب: فاصله‌ی افقی دو نقطه را، که در عمل قبل در نظر گرفته شد، این بار با اندازه‌گیری طول در امتداد شیب و به کمک زاویه‌ی شیب که با شیب‌سنج مشخص می‌گردد تعیین می‌کنند. سپس در کلاس و با استفاده از جدول خطوط مثلثاتی یا ماشین حساب، فاصله‌ی افقی مشخص می‌شود.

#### فعالیت عملی ۶

مانع دید: دو نقطه‌ی A و B را در دو طرف یک مانع دید انتخاب کرده، پس از ژالون‌گذاری امتداد بین این دو نقطه، فاصله‌ی آن‌ها به دست می‌آید.

## فعالیت عملی ۷

مانع عبور: تمرین عملی مانع عبور را بهتر است هنرجویان در محلی که این نوع عارضه به طور طبیعی وجود دارد انجام دهند، در غیر این صورت می توان این نوع مانع را مصنوعاً ایجاد کرد.

## فعالیت عملی ۸

مانع دید و عبور: دو نقطه در دو طرف یکی از ساختمان های موجود در محوطه ی هنرستان انتخاب کرده فاصله ی آنها را به دست می آورند.

## فعالیت عملی ۹

شناخت دستگاه تراز یاب و انجام عملیات ساده ی تعیین فاصله با آن و خواندن شاخص: استاد با اختصاص دادن وقت کافی، مرحله به مرحله اعمال زیر را انجام داده و از هنرجویان می خواهد آنها هم یک به یک تمرین کنند (بهتر است توضیح هر مرحله پس از تمرین مرحله ی قبل داده شود. همچنین بار دیگر یادآوری می گردد که قبل از تراز یابی در خارج از کارگاه، عملیات زیر در داخل کارگاه انجام گیرد زیرا لازم است هنرجویان قبلاً دستگاه تراز یاب و نحوه ی استفاده از پیچ ها و کلیدهای مختلف آن را به خوبی بشناسند).

الف: باز کردن جعبه ی دستگاه، خارج ساختن دستگاه از آن همچنین جا دادن مجدد آن.

ب: باز کردن سه پایه، قرار دادن بر روی زمین و مستقر کردن تراز یاب بر روی آن.

ج: استفاده از پیچ ها و کلیدها

د: تراز کردن دستگاه

ه: مستقر کردن تراز یاب روی یک نقطه ی مشخص (ایستگاه گذاری)

و: قرائت شاخص (ابتدا بدون دستگاه و بعد از پشت دستگاه)

ز: اندازه گیری فاصله با تراز یاب

## فعالیت عملی ۱۰

- شناخت دستگاه زاویه‌یاب و استقرار بر روی یک نقطه: نظیر فعالیت عملی ۹ اعمال زیر مرحله به مرحله انجام می‌شود:
- الف: باز کردن جعبه‌ی دستگاه، خارج ساختن دستگاه از آن و همچنین جا دادن مجدد آن.
- ب: باز کردن سه پایه، قرار دادن بر روی زمین و مستقر کردن زاویه‌یاب بر روی آن.
- ج: استفاده از پیچ‌ها و کلیدها و طریقه‌ی تنظیم تار رتیکول و تصویر.
- د: تراز کردن دستگاه.
- ه: مستقر کردن زاویه‌یاب بر روی یک نقطه‌ی مشخص (ایستگاه‌گذاری).

## فعالیت عملی ۱۱

- اندازه‌گیری زاویه‌ی شیب: در منطقه‌ای نامسطح امتدادی در نظر گرفته، دو نقطه بر روی آن فرض کرده، بر روی یکی تئودولیت و بر روی دیگری شاخص را مستقر می‌کنیم و زاویه‌ی شیب آن را به دست می‌آوریم.

## فعالیت عملی ۱۲

- استادیمتری در دو حالت زیر: (پس از انتخاب دو نقطه روی زمین)
- دوربین در حالت افقی
  - دوربین در حالت غیرافقی

## خودآزمایی

- ۱- منظور از ژالون‌گذاری یک امتداد چیست؟ در چه موقع انجام می‌گیرد؟
- ۲- نحوه‌ی صحیح عمل ژالون‌گذاری یک امتداد چگونه است؟ به کمک چند نفر انجام می‌شود؟
- ۳- برای دقیق انجام شدن ژالون‌گذاری از چه وسیله‌ای همراه ژالون باید استفاده کرد؟
- ۴- فردی که در ژالون‌گذاری جای او ثابت است به فرد دیگر که ژالون را جابه‌جا می‌کند، در موارد زیر چگونه با علامت دست منظور خود را می‌فهماند؟
  - الف: به طرف چپ بردن ژالون.
  - ب: به طرف راست بردن ژالون.
  - ج: قائم نگه‌داشتن ژالون.
  - د: برداشتن ژالون از روی نقطه.
  - هـ: حرکت دادن نوک ژالون.
  - و: خوب بودن حالت ژالون.
- ۵- در روش مستقیم اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی در روی زمین مسطح، چه وسایلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. آنها را نام ببرید.
- ۶- به منظور تعیین طول افقی در روی سطح شیب‌دار چه وسیله‌ی دیگری باید به وسایل سؤال ۵ اضافه شود؟
- ۷- اگر بر روی زمین دو نقطه مشخص شده باشد فاصله‌ی آنها با روش مستقیم چگونه به دست می‌آید؟ مراحل کار را توضیح دهید.
- ۸- برای به حالت افقی درآوردن متر از چه وسیله‌ای استفاده می‌شود؟
- ۹- تصحیح تبدیل به افق را تعریف کنید.
- ۱۰- رابطه‌های مورد استفاده در مورد پیدا کردن تصحیح تبدیل به افق را بنویسید.
- ۱۱- جدول تصحیح تبدیل به افق چگونه تهیه می‌شود؟
- ۱۲- نحوه‌ی تعیین فاصله‌ی بین دو نقطه در موارد زیر چگونه است و چه روابطی در این عمل مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ ضمن توضیح روش کار روابط را بنویسید.
  - الف: بین دو نقطه مانع دید وجود دارد.
  - ب: بین دو نقطه مانع عبور وجود دارد.

ج: بین دو نقطه مانع دید و عبور، هر دو، وجود دارد.

۱۳- منظور از استقرار تراز یاب بر روی یک نقطه (مثلاً نقطه ی A) چیست؟

۱۴- با مشاهده ی مراحل شش گانه ی استقرار در شکل ۱۳-۴ راجع به هر مرحله توضیح دهید که چه کاری انجام می شود؟

۱۵- «نحوه ی عمل تراز کردن تراز یاب» را در تراز یاب هایی که تراز کروی دارند شرح دهید.

۱۶- «نحوه ی عمل تراز کردن تراز یاب» را در تراز یاب هایی که تراز استوانه ای دارند، شرح

دهید.

۱۷- شاخص چیست و مشخصات ظاهری آن کدام است؟

۱۸- نحوه ی قرائت تارها در موقع اندازه گیری فاصله با تراز یاب چگونه است؟ رابطه ی مورد

استفاده را بنویسید.

۱۹- تفاوت مراحل استقرار بر روی یک نقطه (مثلاً نقطه ی A) وقتی از یک زاویه یاب (تئودولیت)

با یک تراز یاب استفاده می شود در چیست؟

۲۰- آیا در حالت افقی بودن دوربین زاویه یاب، رابطه ی مورد استفاده برای پیدا کردن فاصله ی

افقی همان رابطه ی ذکر شده در مورد تراز یاب است یا خیر؟

۲۱- در حالت غیر افقی بودن دوربین زاویه یاب برای پیدا کردن فاصله ی افقی رابطه ی مورد

استفاده را بنویسید. غیر از قرائت تارها چه کمیّت دیگری را باید اندازه گیری کرد؟

۲۲- موارد مهم خطا و اشتباه در استادیمتری را ذکر کنید.

۲۳- عمل ژالون گذاری یک امتداد به چه منظور صورت می گیرد؟

۲۴- تفاوت روش مستقیم و غیر مستقیم در موقع مترکشی به منظور پیدا کردن فاصله ی افقی

دو نقطه در چیست؟

۲۵- موقع مترکشی چه استفاده ای از تراز دستی می شود؟

۲۶- وقتی طول مورب و زاویه ی شیب برای یک امتداد در دست است از چه رابطه ای

به منظور پیدا کردن فاصله ی افقی استفاده می کنیم؟

۲۷- یک مورد از موانع دید، عبور و دید و عبور را نام ببرید.

۲۸- مقدار کمیّت تصحیح شیب معمولاً با معلوم بودن چه کمیّت هایی محاسبه می شود؟

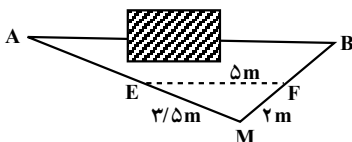
۲۹- استادیمتری به چه معنی است و فرمول اساسی استادیمتری چگونه است؟

۳۰- دو نقطه با اختلاف ارتفاع ۴ متر روی یک سطح شیب دار قرار دارند در صورتی که

فاصله در امتداد شیب آن‌ها  $20^\circ$  m باشد مقدار تصحیح شیب برای فاصله‌ی بین این دو نقطه چه قدر است؟

۳۱- اگر فاصله‌ی دو نقطه‌ی A و B روی یک سطح شیب‌دار  $7^\circ$  متر و زاویه‌ی شیب این سطح  $2^\circ$  درجه باشد مقدار تصحیح شیب برای AB چند میلی متر است؟

۳۲- در شکل زیر فاصله‌ی AB چند متر است؟  $(AE = \frac{1}{4} AM)$



شکل ۲۱-۴

۳۳- برای اندازه‌گیری فاصله‌ی دو نقطه‌ی A و B روی نقطه‌ی A با یک دستگاه نیوو ایستگاه‌گذاری کرده و شاخص را در نقطه‌ی B قرار داده‌ایم. اگر قرائت تارهای بالا و پایین به ترتیب  $3170^\circ$  و  $3828^\circ$  میلی متر باشد فاصله‌ی این دو نقطه چند متر است؟ (ضریب استادیومتری  $100^\circ$ )

۳۴- برای پیدا کردن فواصل افقی دو نقطه‌ی A و B نسبت به نقطه‌ی S یک دستگاه تئودولیت را بر روی نقطه‌ی S مستقر کرده و قرائت‌های زیر را به دست آورده‌ایم (ارتفاع دستگاه  $1430^\circ$  میلی متر):

تار بالا و پایین بر روی شاخص در نقطه‌ی A:  $1553^\circ$  و  $1307^\circ$  میلی متر و زاویه‌ی قائم  $91, 19.$

تار بالا و پایین بر روی شاخص در نقطه‌ی B:  $2939^\circ$  و  $2863^\circ$  میلی متر و زاویه‌ی قائم  $58, 88.$  فواصل افقی فوق چه قدر است؟

۳۵- در مسئله‌ی ۳۴ شیب زمین بین دو نقطه‌ی S و B چند درصد است؟