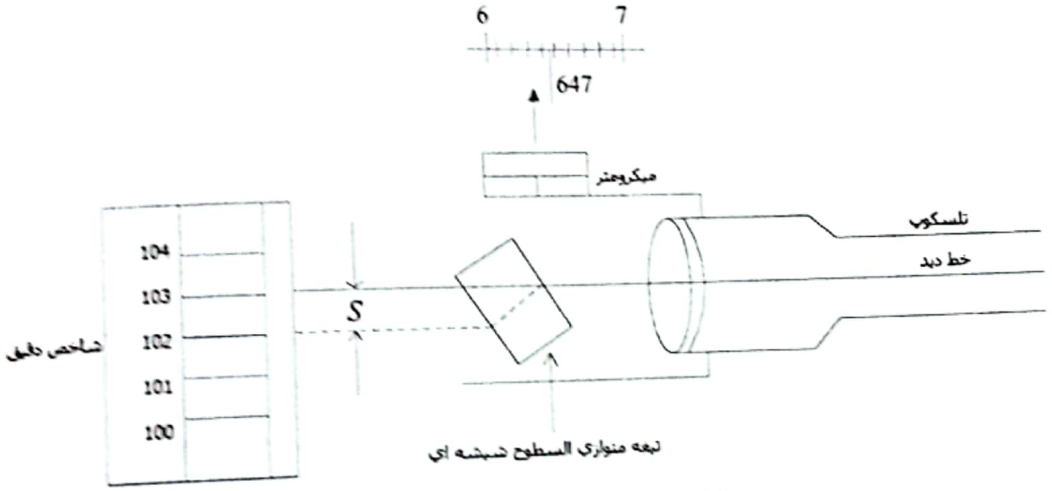
که در آن t: ضخامت شیشه، n :ضریب شکست هوا و n' : ضریب شکست شیشه می باشد.

تیغه متوازی السطوح در جلو عدسی شیئی دوربین نصب می شود و به وسیله یک پیچ میکرومتر می توان آنرا در یک صفحه عمودی چرخاند. اگر تیغه در حالت قائم قرار گیرد مسیر یک پرتو افقی (خط دید دوربین) پس از برخورد به آن تغییر نخواهد کرد. بنابراین قرائت شاخص در شکل ۱۲-۳۶، 1026mm خواهد بود که رقم هزارم آن تخمین زده شده است.

اگر با استفاده از پیچ میکرومتر تیغه را بچرخانیم به طوری که خط دید منطبق بر 102x(mm) گردد. حال می توان مقدار جابجائی خط دید را در روی پیچ میکرومتر قرائت نمود. 1026.47mm در اینجا عدد 7، تخمین زده شده است.[7]

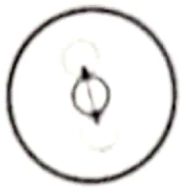


شکل۱۲-۳۶: نحوه قرائت میکرومتر

Scanned with CamScanner

ب- کمپانساتور باید در شش جهت مختلف عمل نموده و خطا ایجاد ننماید. به این منظور به روش زیر عمل می کنیم:

- سه پایه را در فاصله 10 الی 20 متری از سطح یک دیوار قرار داده و ترازیاب را روی آن تراز می کنیم.
- در این حالت مرکز تارهای متقاطع را با نقطه A بر روی سطح دیوار مشخص می کنیم.
- به وسیله سه پیچ تنظیم حباب را مانند شکل ۱۲-۳۴، دوبار در خلاف جهت هم از مرکز دایره نشانه خارج کرده و در هر بار خارج شدن حباب از داخل دایره نشانه به نقطه A نگاه می کنیم. اگر تار وسط ترازیاب بر روی نقطه A منطبق باشد کمپانساتور سالم است.



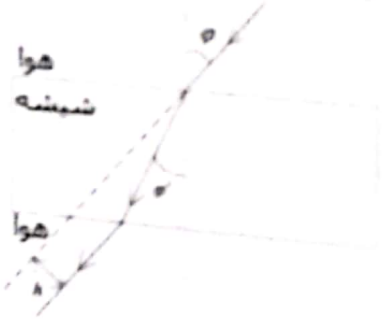
شکل ۱۲-۳۴

۱۲-۹- میکرومتر با تیغه متوازی السطوح

با توجه به اینکه تقسیم بندی روی شاخص ها در حد سانتی متر می باشد بنابراین قرائت شاخص به طور عادی تا حد سانتی متر و با تخمین تا حد میلی متر انجام می شود. در کارهایی که نیاز به دقتی بیش از این نیاز است از میکرومتر با تیغه متوازی السطوح استفاده می شود. معمولا در ترازیابهای دقیق نظیر N3 از میکرومتر استفاده می شود.

➢ خصوصیات تیغه متوازی السطوح

تیغه متوازی السطوح یک شیشه با دو سطح مستوی موازی می باشد که اگر پرتو نور به یک تیغه متوازی السطوح به طور مایل بتابد امتداد پرتو خارج شده از تیغه که موازی پرتو تابش می باشد به اندازه h به طور جانبی جابجا می شود.



شکل ۱۲-۳۵: تیغه متوازی السطوح

$$h = t\sin\varphi\left(1 - \frac{n\cos\varphi}{n'\cos\varphi'}\right)$$

Scanned with CamScanner

وسیله نشانه روی به محل تقاطع تارهای رتیکول به وسط شاخص برطرف می کنند و نصف باقیمانده را به وسیله چرخاندن تار افقی رتیکول حذف می کنند

پ- افقی نبودن محور نشانه روی

پس از تنظیم تراهای دستگاه ترازیاب باید محور نشانه روی افقی شود. در غیر اینصورت می گویند دستگاه دارای خطای کلیماسیون است

- **کنترل و تنظیم افقی نبودن محور نشانه روی**

به حد کافی در مورد خطای کلیماسیون در فصل ترازیابی بحث و بررسی شده است.

مثال۵: زاویه کلیماسیون در یک ترازیاب $1'48''$ است. تفاوت قرائت در فاصله 60 متری چند میلی متر است؟

$$\text{خطای قرائت} = d \times e = 60 \times 108'' = \frac{60 \times 108}{206265} = 0.0314\,m = 31.4\,mm$$

ت- معایب مکانیکی

مهمترین معایب مکانیکی خوب کار نکردن یا هرز شدن پیچ های تنظیم، عدم وضوح تصویر و غیره می باشد

- **کنترل سه پیچ پایه تنظیم**

جهت کنترل سالم بودن سه پیچ پایه دو آزمایش زیر را انجام می دهیم:

الف- حباب تراز کروی را در مرکز دایره نشانه قرار داده، هر دفعه یک پیچ را به تنهایی می چرخانیم، اگر با حرکت پیچ پایه حباب از مرکز نشانه خارج شود آن پیچ سالم است.

ب- طول سه پیچ پایه باید به یک اندازه باشد. گاهی اتفاق می افتد که در اثر کار زیاد با ترازیاب و سرویس نکردن به موقع دستگاه، طول یکی از پیچ ها در اثر اصطکاک کم می شود، این امر موجب اختلال در امر تراز کردن دستگاه می شود.

- **کنترل خصوصیات تراز کروی**

الف- قطر حباب باید از قطر دایره نشانه کوچکتر باشد.

ب- حباب تراز کروی نباید از مرکز دایره نشانه فرار کند. در اینصورت حساسیت تراز کروی از بین رفته و مرکز حباب در جای دیگری غیر از مرکز دایره نشانه قرار می گیرد.

- **کنترل کمپانساتور**

جهت کنترل کمپانساتور دو آزمایش زیر را انجام می دهیم:

الف- اگر کمپانساتور سالم باشد به هنگام ترازیابی با فشار دادن دکمه شوک و یا ضربه آهسته به زیر عدسی چشمی، تار افقی نوسان نموده و بالا و پایین می رود و بر روی یک عدد، ثابت می شود. در غیراینصورت تار افقی بالا و پایین رفته و به حالت اول برنمی گردد که نشان دهنده خرابی کمپانساتور می باشد.

Scanned with CamScanner

۱۲-۸- منابع ایجاد خطا و نحوه رفع آنها در ترازیابها

منابع ایجاد خطا و نحوه رفع آنها در ترازیابها عبارتند از:

الف- پارالاکس

می توان گفت تصویری که توسط عدسی شیئی از شاخص یا ژالون ایجاد می شود، باید در صفحه رتیکول قرار گیرد. اگر تصویر فوق در صفحه رتیکول قرار نگیرد اصطلاحا می گویند در عدسی چشمی خطای پارالاکس وجود دارد. اگر چنین خطایی در دوربین ترازیاب وجود داشته باشد، هر قدر هم پیچ های تنظیم تارهای رتیکول و تنظیم تصویر را تغییر دهیم باز تصاویر واضحی از تارهای رتیکول و شاخص یا ژالون ایجاد نمی شود و تصاویر سایه دار به نظر می رسند.

کنترل و رفع خطای پارالاکس

اصولا اگر پیچ جلوی عدسی چشمی را بچرخانیم تارهای رتیکول ابتدا محو و سپس کمرنگ و سرانجام پر رنگ و کاملا باید واضح دیده شوند. سپس پیچ تنظیم تصویر را بچرخانیم تا تصویر شاخص که در جلو ترازیاب مستقر است نیز شفاف دیده شود. حال در یک دوربین سالم، همزمان باید تصاویر تارهای رتیکول و شاخص، هر دو کاملا واضح دیده شوند و با حرکت سر به طرف بالا و پایین نباید این دو تصویر در مقابل هم قرار گیرند.

پس از تنظیم تصاویر تارهای رتیکول و شاخص، اگر این تصاویر با حرکت چشم در مقابل یکدیگر جای گیرند، (اگر دقت شود در این وضعیت سایه هایی نیز همراه تصاویر دیده می شوند) می گویند دوربین پارالاکس دارد و باید وضعیت مکانیکی پیچ تنظیم تصویر و قاب روی چشمی و عدسی های چشمی و میزان کنترل و تصحیح شوند.

ب- چرخش صفحه تارهای رتیکول

صفحه تارهای رتیکول یک صفحه شیشه ای است که تارهای رتیکول بر روی آن حک شده اند و این صفحه بر روی یک قاب فلزی سوار شده، توسط چهار پیچ از اطراف کنترل می گردد و گاهی در اثر ضربه و یا تکانهای شدید، از کنترل خارج شده و چرخش پیدا می کند.

کنترل و رفع چرخش صفحه تارهای رتیکول

وضعیت صفحه رتیکول را به دو طریق می توان کنترل نمود:

الف- با یک امتداد قائم دقیق، تار قائم رتیکول را مقایسه می کنیم.

ب- با یک دستگاه ترازیاب تراز شده یک نقطه واضح علامت گذاری شده و سپس توسط یک طرف انتهای تار افقی رتیکول به آن نقطه نشانه روی کرده و سپس دوربین را در صفحه افقی حرکت می دهیم تا نقطه انتهای دیگر تار افقی رتیکول قرار گیرد. انحراف بین نقطه و تار افقی رتیکول برابر خطای انحراف تار رتیکول می باشد. نصف این مقدار به

Scanned with CamScanner

انواع کمپانساتور

الف- کمپانساتور مغناطیسی

کمپانساتوری است که برای تنظیم محور نوری در لمب قائم از خاصیت آونگ آهن ربا استفاده می کند. کمپانساتور مغناطیسی که با استفاده از یک میدان مغناطیسی می تواند نوسان آونگ را کنترل و در نهایت ثابت نماید بی آنکه آونگ از حالت قائم خارج شود. این سیستم دو قطب آهن ربایی S و N دارد که بین دو قطب در حال نوسان می باشد. این سیستم در بیشتر زاویه یابها و ترازیابها بکار می رود. معایب کمپانساتور مغناطیسی عبارتند از:

- سیم های کمپانساتور مغناطیسی در اثر ضربه نسبتا شدید صدمه می بینند.
- ذرات خاک باعث گیر کردن کمپانساتور می شود.
- از ترازیابی در کنار فلزات یا میدان مغناطیسی باید اجتناب کرد.

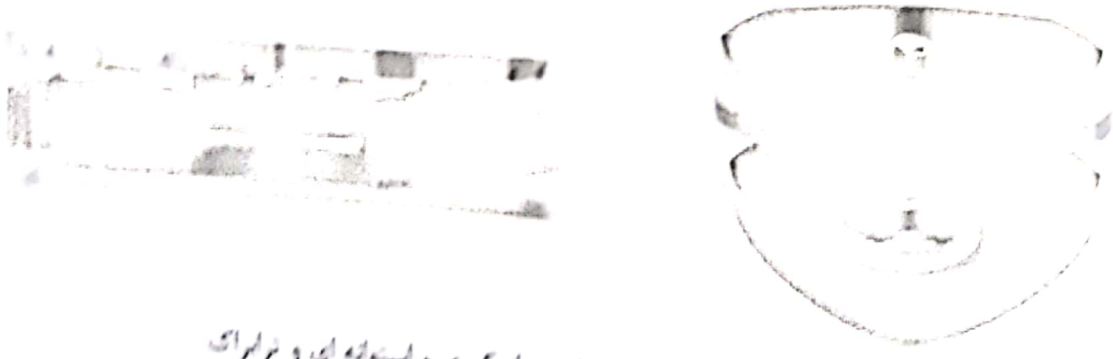
ب- کمپانساتور دمپری یا پیستونی

کمپانساتوری است که برای تنظیم محور نوری در لمب قائم از خاصیت آونگ و دو پیستون استفاده می کند. کمپانساتور دمپری مانند کمپانساتور مغناطیسی است با این تفاوت که در این نوع کمپانساتور برای ثابت کردن حرکت آونگ از هوای فشرده شده (در یک یا دو پیستون) استفاده می شود.[10]

۱۲-۴-۳- قسمت تحتانی ترازیاب

این قسمت شامل پیچهای تنظیم تراز کروی و استوانه ای و صفحه اتصال دستگاه ترازیاب به سه پایه می باشد. دوربینهای نقشه برداری معمولا مجهز به سه پیچ تراز کننده می باشند.

همچنین جهت ثابت نگه داشتن دستگاه ترازیاب بر روی سه پایه از یک صفحه فلزی که دستگاه روی آن ثابت است استفاده می شود و با استفاده از یک پیچ روی سه پایه محکم می شود.



شکل ۱۲-۳۳: شکل پیچهای تنظیم تراز کروی و استوانه ای و ترانیاک

Scanned with CamScanner

۱۲-۵- خصوصیات یک دستگاه ترازیاب سالم

یک دستگاه ترازیاب وقتی سالم است و می توان با آن اطلاعات صحیح بدست آورد که دارای خصوصیات زیر باشد:

الف- خطای پارالاکس قابل رفع باشد.

ب- تراز (یا ترازهای) دستگاه را بتوان تنظیم نمود.

پ- صفحه تارهای رتیکول چرخش نداشته باشد.

ت- محور نشانه روی پس از تراز نمودن دستگاه، افقی شود.

ث- اجزای تشکیل دهنده ترازیاب، از نظر مکانیکی معیوب نباشد.

۱۲-۶- طبقه بندی ترازیابها از نقطه نظر ترازهای استفاده شده(کروی-استوانه ای- لوبیایی-اتوماتیک)

ترازیابهای اپتیکی (نوری) به دو دسته تقسیم می شوند:

- **ترازیابهای غیرخودکار (شامل تراز کروی + تراز استوانه ای یا تراز لوبیایی)**

الف- ترازیابهای غیرخودکار با تلسکوپ ثابت (تراز کروی + تراز استوانه ای)

این ترازیابها شامل تراز کروی و استوانه ای می باشند.

ب- ترازیابهای غیرخودکار با تلسکوپ متحرک (تراز کروی + تراز لوبیایی)

این ترازیابها شامل تراز کروی و تراز لوبیایی هستند که در آنها تصویر حباب تراز استوانه ای بطور غیرمستقیم از طریق سیستم منشوری شبیه نصف لوبیا دیده می شود. لازم به ذکر می باشد دقت این ترازیابها نسبت به دسته قبلی بیشتر بوده و قبل از انجام قرائت شاخص باید تراز لوبیایی تنظیم شود.

- **ترازیابهای خودکار (شامل تراز کروی + تراز اتوماتیک)**

این ترازیابها شامل تراز کروی و اتوماتیک می باشند. در برخی دستگاهها نظیر دستگاههای ساخته شده کارخانه ویلد، نوع دستگاه از نام اختصاری آنها قابل تشخیص می باشد به عنوان مثال NAK2 حرف N نشان دهنده ترازیاب یا نیو و A به معنی خودکار و K معرف داشتن صفحه مدرج افقی و 2 نشان دهنده دقت ترازیاب می باشد.

Scanned with CamScanner

۱۲-۷- طبقه بندی ترازیابها از نظر عملکرد

دستگاههای ترازیاب را می توان برحسب میزان دقت که دستگاه به آن دارد، حساسیت تراز، درشت نمایی و غیره دارد، طبقه بندی نمود.

ترازیابهای ساختمانی[۳]

حساسیت تراز و درشت نمایی این نوع ترازیابها کم بوده و دقت این نوع ترازیابها نسبت به ترازیابهای مهندسی کمتر می باشند. از نظر ساختمانی، دستگاهی ساده بوده و طراز کردن آنها خیلی آسان و سریع می باشد. این نوع ترازیابها در کارگاههای ساختمانی برای مشخص نمودن ارتفاع ساختمان، برداشت پروفیل های طولی و عرضی و غیره استفاده می شود.

ترازیابهای مهندسی[۴]

دقت این نوع ترازیابها نسبت به ترازیابهای ساختمانی بیشتر و نسبت به ترازیابهای دقیق دارای دقت کمتری می باشند. از این نوع ترازیابها در تعیین ارتفاع و اجراء نمودن پروژه های مهندسی مانند راه، راه آهن و غیره استفاده می شود لازم به ذکر است در تعدادی از ترازیابهای مهندسی مانند $GK23$ کرن و $B1$ سوکیا می توان با اضافه نمودن یک میکرومتر بر روی عدسی شیئی می توان از آنها به عنوان ترازیاب دقیق استفاده نمود.

ترازیابهای دقیق[۵]

این نوع ترازیابها دقیق ترین نوع ترازیابها محسوب می شوند. حساسیت تراز و درشت نمایی این نوع ترازیابها نسبت به سایر ترازیابها بیشتر می باشد. ترازیابهای دقیق دارای ساختمان پیچیده تری نسبت به ترازیابهای ساختمانی و مهندسی می باشند. در این ترازیابها برای آنکه میلی متر و اعشار با دقت بیشتر قرائت گردند، یک میکرومتر در جلوی عدسی شیئی قرار می دهند. از این نوع ترازیابها برای کارهای دقیق مانند تشکیل شبکه های کنترل زمینی محاسبه مقدار نشست زمین، نشست معدن، تغییر شکل بناهایی مانند پل، سد و غیره استفاده می شود.

۳ Construction Level
۴ Engineer Level
۵ [illegible] Level

Scanned with CamScanner

جدول ۱۲-۴: مشخصات فنی ترازیابها

نوع ترازیاب	درشت نمایی	حساسیت تراز گروی	حساسیت تراز استوانه ای	خطای متوسط در هر کیلومتر
ساختمانی	16 ~ 25 برابر	5′ ~ 10′	20″ ~ 60″	5mm ~ 10mm
مهندسی	20 ~ 32 برابر	8′ ~ 12′	20″ ~ 60″	2mm ~ 4mm
دقیق	40 ~ 44 برابر	8′ ~ 12′	8″ ~ 12″	0.3mm ~ 0.5mm

جدول ۱۲-۵: نمونه ای از ترازیابها، دقت و کاربرد آنها

نام ترازیاب	نام کارخانه	نوع	کاربرد	بزرگنمایی	دقت (اصلی متر در یک کیلومتر)
Dini12	زایس	دقیق	ترازیابی دقیق	32	0.3
N3	ویلد	دقیق	نصب دستگاهها و قطعات صنعتی	40	0.2
Ni50	زایس	ساختمانی	برداشت پروفیلهای طولی و عرضی	20	3
Ni40	زایس	مهندسی	راه سازی و پروژه های عمرانی	25	2
Ni30	زایس	مهندسی	راه سازی و پروژه های عمرانی	32	1
AL128	بویف	مهندسی	راه سازی و پروژه های عمرانی	30	1.5
AL120	بویف	ساختمانی	برداشت پروفیلهای طولی و عرضی	20	2.5
AL126	بویف	مهندسی	راه سازی و پروژه های عمرانی	26	2
AL132	بویف	مهندسی	راه سازی و پروژه های عمرانی	32	1.5
NKOL	ویلد	ساختمانی	برداشت پروفیلهای طولی و عرضی	19	3
PL1	سوکیا	دقیق	نصب دستگاهها و قطعات صنعتی	42	0.2
TTL6	سوکیا	مهندسی	راه سازی و پروژ ه های عمرانی	25	2

Scanned with CamScanner

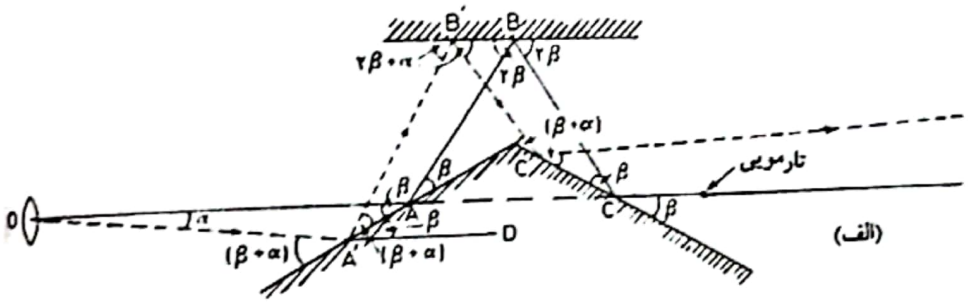
شکل (الف) ۱۲-۳۲ پرتو افقی OA را نشان می دهد. در حالتی که ترازیاب دقیقا تراز است این پرتو پس از برخورد به سطوح در نقاط A، B و C بازتابیده شده و نهایتا به صورت افقی ادامه می یابد. اکنون فرض کنید که تلسکوپ به اندازه زاویه α از حالت تراز خارج شده باشد. در این صورت با توجه به فرضهای یاد شده پرتو ورودی OA' با زاویه α نسبت به افق وارد تلسکوپ می شود و بازتابنده های A، B و C ثابت باقی می مانند. به این ترتیب با توجه به شکل (الف) ۱۲-۳۲ می توان نوشت:

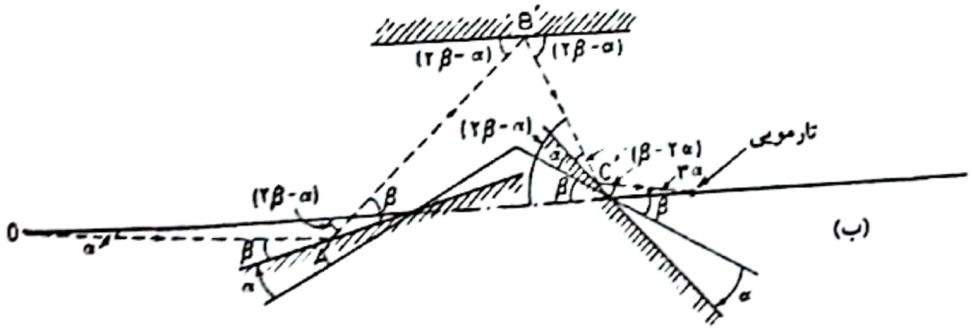
زاویه بازتابش در نقطه $A' = \beta + \alpha$ = زاویه تابش در نقطه A'

زاویه بازتابش در نقطه $B' = (2\beta + \alpha) = B'A'D$ = زاویه تابش در نقطه B'

زاویه بازتابش در نقطه $C' = \beta + \alpha$ = زاویه تابش در نقطه C'

به این ترتیب پرتو نور از حالت افقی به اندازه زاویه $(\beta + \alpha - \beta = \alpha)$ فاصله α می گیرد و در نتیجه از مرکز تارهای رتیکول نمی گذرد.





شکل ۱۲-۳۲

در شکل (ب) ۱۲-۳۲، اگر تلسکوپ به اندازه زاویه α در صفحه عمودی چرخانده شود (زاویه α، در واقع همان مقداری است که دستگاه از حالت تراز خارج است) وضعیتهای A، B و C را جایگزین وضعیتهای A'، B' و C' که در بالا از آنها استفاده کردیم، استفاده می کنیم و در نتیجه داریم:

زاویه بازتابش در نقطه $A' = \beta$ = زاویه تابش در نقطه A'

زاویه بازتابش در نقطه $B' = 2\beta - \alpha$ = زاویه تابش در نقطه B'

زاویه بازتابش در نقطه $C' = \beta - 2\alpha$ = زاویه تابش در نقطه C'

بنابراین پرتو نور با زاویه 3α به خط افقی نزدیک شده و از مرکز تارهای رتیکول عبور می کند.[7]

Scanned with CamScanner

آزمایش و تنظیم تراز اتوماتیک

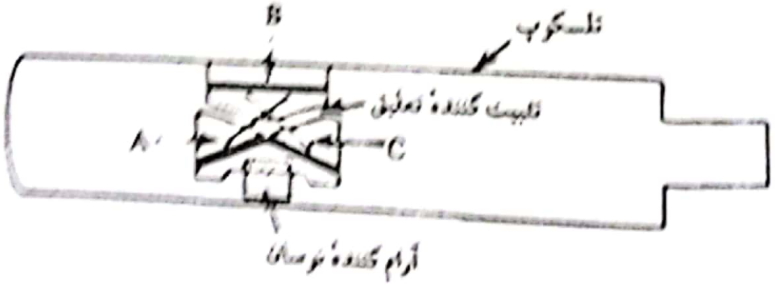
در کنار کمپانساتورهای اپتیکی دکمه ای به منظور درست کار کردن آنها تعبیه شده و در موقع قرائت نمودن شاخص با فشردن این دکمه برای چند لحظه محور نشانه روی از حالت افقی خارج شده و دوباره به حالت قبلی برمی گردد. چنانچه قرائت محور شاخص با قرائت قبل از فشار دادن دکمه یکی باشد، کمپانساتور سالم می باشد، چنانچه کمپانساتور فاقد دکمه کنترل باشد باید قبل از قرائت چند ضربه ای آرام به تلسکوپ زد تا اطمینان پیدا نمائیم که منشور معلق در حالت آزاد می باشد و درست کار می کند.

اصول علمی کمپانساتور

همانطوریکه قبلا گفته شد به وسیله تراز کروی و استوانه ای دستگاه به طور تقریبی تراز شده و سپس تراز کردن دقیق دستگاه به وسیله تراز کمپانساتور انجام می شود.

در یک ترازیاب اتوماتیک، وجود کمپانساتور باعث می شود که پرتو نور وارد شده از مرکز تارهای رتیکول بگذرد حتی اگر تلسکوپ به مقدار کمی از حالت تراز خارج شده باشد. می دانیم در عمل:

- پرتو ورودی افقی می باشد.
- تلسکوپ حالت افقی ندارد. (به علت آنکه با تراز کروی، ترازیاب به طور تقریبی تراز شده است) در نتیجه، منشور B نیز حالت افقی ندارد.
- سطوح A و C آزادانه در حالت معلق اند و نسبت به صفحه افقی تغییر وضعیت نمی دهند به عبارت دیگر زاویه آنها با صفحه افقی ثابت می ماند.

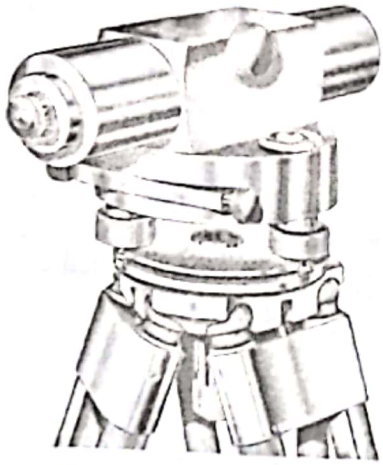


شکل ۱۲-۳۱

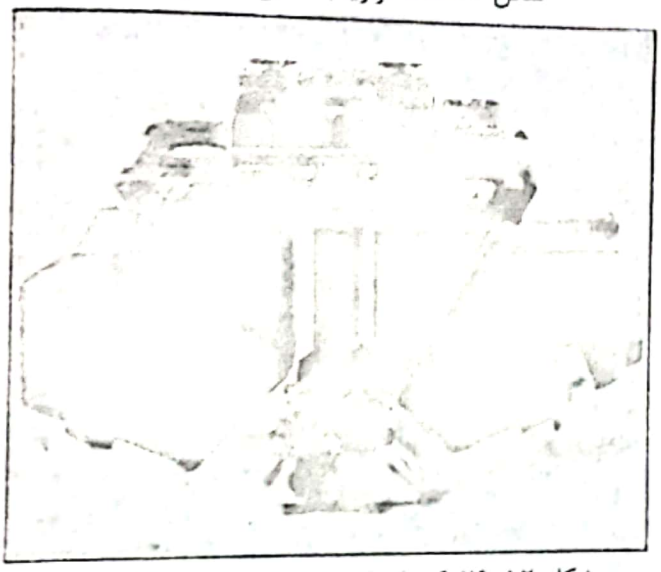
برای آنکه اساس کار را نشان دهیم می توانیم وضعیت را به صورت زیر فرض کنیم:

- پرتو نور به صورت افقی وارد تلسکوپ نمی شود. بلکه با زاویه ای برابر با زاویه ای که تلسکوپ نسبت به افق می سازد، پرتو نور وارد آن می شود.
- تلسکوپ و منشور ثابت B افقی باقی می مانند.
- سطوح A و C به اندازه زاویه ای که پرتو ورودی با افق می سازد، می چرخند به عبارت دیگر زاویه‌شان با افق، به اندازه زاویه ای که پرتو ورودی با افق می سازد،

Scanned with CamScanner



شکل ۱۲-۲۸: ترازیاب دقیق Ni2 زایس



شکل ۱۲-۲۹: کمپانساتور ترازیاب دقیق Ni2 زایس

لازم به ذکر می باشد در دستگاههای ترازیابی معمولا علاوه بر تراز کروی از یکی از سه نوع تراز دیگر برای قائم ساختن محور اصلی دستگاه استفاده می شود.

شکل ۱۲-۳۰ ساختمان کامل یک تراز کمپانساتور دستگاه NA2 WILD را نشان می دهد

۱۸- تارهای غیرقابل کشش آمدن یا نوار تعلیق

۱۹- خط دیدگانی

۲۰- منشورهای ثابت

۲۱- قاب کمپانساتورکه به بدنه تلسکوپ محکم شده است

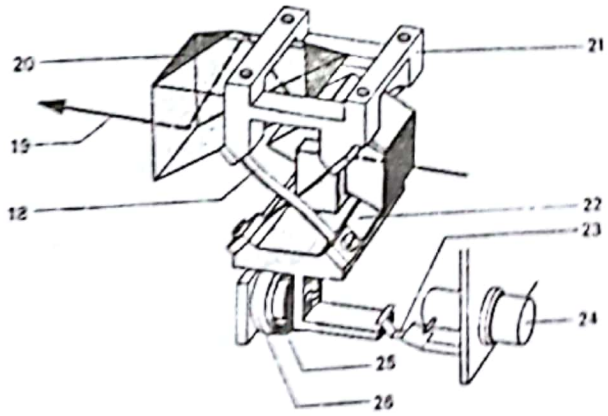
۲۲- منشور معلق

۲۳- اهرم وارد کننده شوک

۲۴- دکمه شوک دهنده

۲۵- پیستون کنترل کننده نوسان

۲۶- سیلندر کنترل کننده نوسان

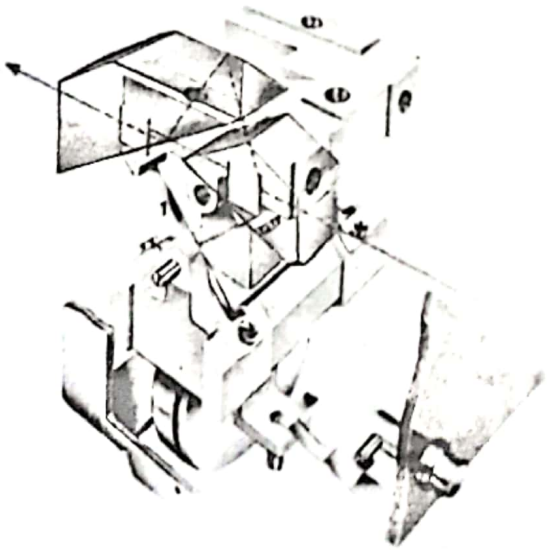


شکل ۱۲-۳۰: کمپانساتور

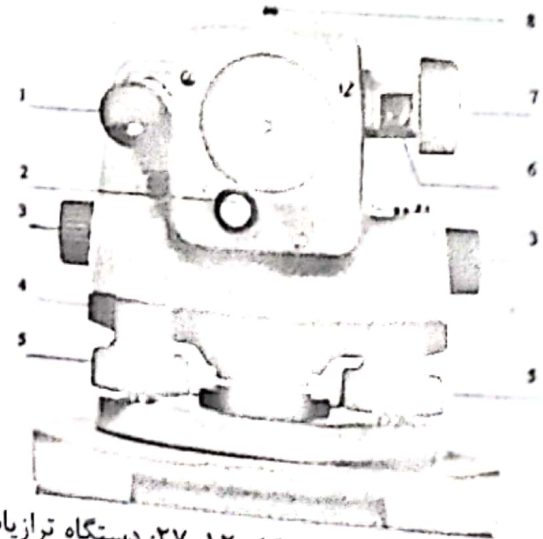
Scanned with CamScanner

تراز اتوماتیک (خودکار)

در ترازیابهای جدید به منظور افقی ساختن محور نشانه روی به جای استفاده از تراز از وسیله ای به نام کمپانساتور که در داخل لوله دوربین قرار دارد استفاده می شود. بعد از تنظیم کردن تراز کروی و استوانه ای به کمک این وسیله محور نشانه روی افقی می‌شود. اساس ساختمان کمپانساتور بدین صورت است که با استفاده از یک سیستم منشوری به نام کمپانساتور شعاعهای نوری افقی که به مرکز عدسی شیئی می رسد مستقیما به محل تلاقی تارهای رتیکول متصل می گردد و در نتیجه محور دیدگانی دستگاه افقی می شود. در برخی از انواع تراز اتوماتیک از خاصیت پاندول برای ترازکردن دستگاه استفاده می شود. در این نوع از دستگاهها اتوماتیک پاندول پس از چند نوسان به حالت تعادل در می آید و در نتیجه محور دستگاه حالت افقی به خود می گیرد. در برخی از دستگاههای مجهز به تراز اتوماتیک در صورت خارج شدن تراز از حالت تمرکز، علامتی در داخل تلسکوپ ظاهر می شود که تراز کردن دوباره دستگاه را هشدار می دهد. [30]



شکل ۱۲-۲۶: تراز کمپانساتور ترازیاب NAK2 ویلد



۱- چشمی قرائت میکروسکوپ
۲- دکمه کمپانساتور
۳- پیچ حرکت کند افقی ترازیاب
۴- لمب افقی
۵- پیچ های تراز کننده
۶- تراز کروی
۷- پیچ تنظیم وضوح تصویر
۸- مگسک نشانه روی

شکل ۱۲-۲۷: دستگاه ترازیاب NAK2 ویلد

Scanned with CamScanner

آنقدر می چرخانیم تا حباب تراز در وسط قرار گیرد. سپس تراز استوانه ای را 90 درجه می چرخانیم. در اثر این چرخش حباب هوای تراز استوانه ای تغییر مکان داده و از حالت وسط بودن خارج می شود. با چرخاندن پیچ C، حباب هوا را به وسط قسمت درجه بندی شده تراز بر می گردانیم. در مرحله بعد مجددا تراز استوانه ای را موازی AB قرار می دهیم و مانند مراحل قبلی آنقدر عمل تراز کردن را تکرار می کنیم که با چرخاندن تراز استوانه ای در هر امتدادی، حباب هوا در وسط باقی بماند. برای اطمینان از نتیجه کار دستگاه را حول محور قائم می چرخانند اگر حباب از محل خود خارج نگردید، دستگاه تنظیم می باشد. نقش تراز استوانه ای در دستگاههای ترازیابی، قائم ساختن کامل محور اصلی (قائم) دستگاه است.

بیشتر دوربینها مجهز به هر دو نوع تراز لوله ای و کروی هستند. تراز کروی برای تراز کردن تقریبی و از تراز لوله ای برای تراز کردن دقیق دستگاه استفاده می شود. زیرا که تراز استوانه ای دارای حساسیت بیشتری نسبت به تراز کروی می باشد و واضح است هرچه دستگاه دقیق تر باشد شعاع آن نیز باید زیادتر باشد.

➢ آزمایش و تنظیم تراز استوانه ای

به خطی که در وسط و بالاترین نقطه بر انحنای جدار داخلی تراز استوانه ای مماس باشد، محور تراز استوانه ای گویند. آزمایش عمود بودن محور تراز بر محور عمودی ترازیاب به این ترتیب انجام می شود که پس از تراز کردن تقریبی تراز کردوربین با تراز کروی، تراز استوانه ای را موازی دو پیچ تراز کننده قرار داده و با چرخاندنی تئودولیت به صورت زیر عمل می کنیم:

- تراز استوانه ای را در امتداد دو پیچ تراز کننده قرار داده و با چرخاندن پیچها در جهت خلاف یکدیگر بطور دقیق حباب تراز را به وسط بیاورید.
- تلسکوپ را 180 درجه بچرخانید. اگر حباب در وسط باقی ماند، معلوم می شود که محور تراز استوانه ای عمود بر محور قائم تئودولیت است در غیر اینصورت، به عنوان مثال اگر حباب به اندازه سه درجه بندی روی شیشه تراز از حالت وسط خارج بود، باید به اندازه 1.5 درجه بندی، با استفاده از دو پیچ تراز کننده حباب را به وسط نزدیک کرد. یک و نیم درجه بندی باقیمانده به وسیله پیچهای تنظیم تراز استوانه ای، به وسط آورده می شود.
- اگر با چرخاندن تلسکوپ به میزان 180 درجه، حباب تراز در وسط باقی بماند، تراز استوانه ای ترازیاب با دقت کافی تنظیم شده است. اما اگر حباب کمی خارج از حالت وسط بود، باید عملیات میزان کردن با دقت و حوصله بیشتر تکرار گردد.
- پس از میزان کردن تراز استوانه ای، اکنون اگر تلسکوپ را در جهات مختلف بچرخانید، حباب تراز استوانه ای همچنان در وسط باقی خواهد ماند.

Scanned with CamScanner

طریقه بدست آوردن حساسیت تراز استوانه ای

قبلا گفته شد که اگر خطی بر جدار داخلی تراز استوانه ای در امتداد طولی کشیده شود، قوسی از یک دایره خواهد بود. اگر شعاع این دایره بزرگ باشد با بالا یا پائین بردن هر یک از دو انتهای لوله به مقدار بسیار کم، حباب هوا به مقدار زیادی تغییر مکان می دهد. برعکس اگر شعاع دایره کوچک باشد تغییر مکان حباب خیلی کم خواهد بود. بنابراین شعاع دایره منبع معیاری است برای ارزیابی حساسیت تراز استوانه ای.

چنانچه حساسیت تراز استوانه ای معلوم نباشد، می توان آن را اندازه گیری کرد. مراحل انجام کار به ترتیب زیر می باشد:[7]

الف- محور تراز استوانه ای را در امتداد دو پیچ تراز کننده قرار می دهیم.

ب- یک شاخص را بطور عمودی در یک فاصله اندازه گیری شده از دوربین قرار دهید.

پ- در امتداد خط وسط تارهای رتیکول، شاخص را قرائت کنید.

ت- تلسکوپ را بوسیله دو پیچ تراز کننده در صفحه عمودی بچرخانید، بطوری که حباب تراز استوانه ای را به اندازه n درجه بندی تغییر مکان دهد.

ث- در این حالت نیز خط وسط تارهای رتیکول را روی شاخص قرائت کنید.

مراحل 3 و 4 را حداقل پنج بار تکرار کنید و معدل تغییر قرائت شاخص در اثر تغییر حباب به اندازه n درجه بندی را بدست آورید. در اینصورت حساسیت تراز استوانه ای a_s برابر است با:

$$\varepsilon'' = \frac{\Delta r}{d \times n} \times 206265$$

در رابطه بالا ε: حساسیت تراز استوانه ای برحسب ثانیه در ازای یک درجه بندی لوله تراز، Δr: تفاوت بین دو قرائت شاخص، d: فاصله بین دوربین و شاخص و n: تعداد درجه بندیهائی که حباب تراز جابجا شده است.

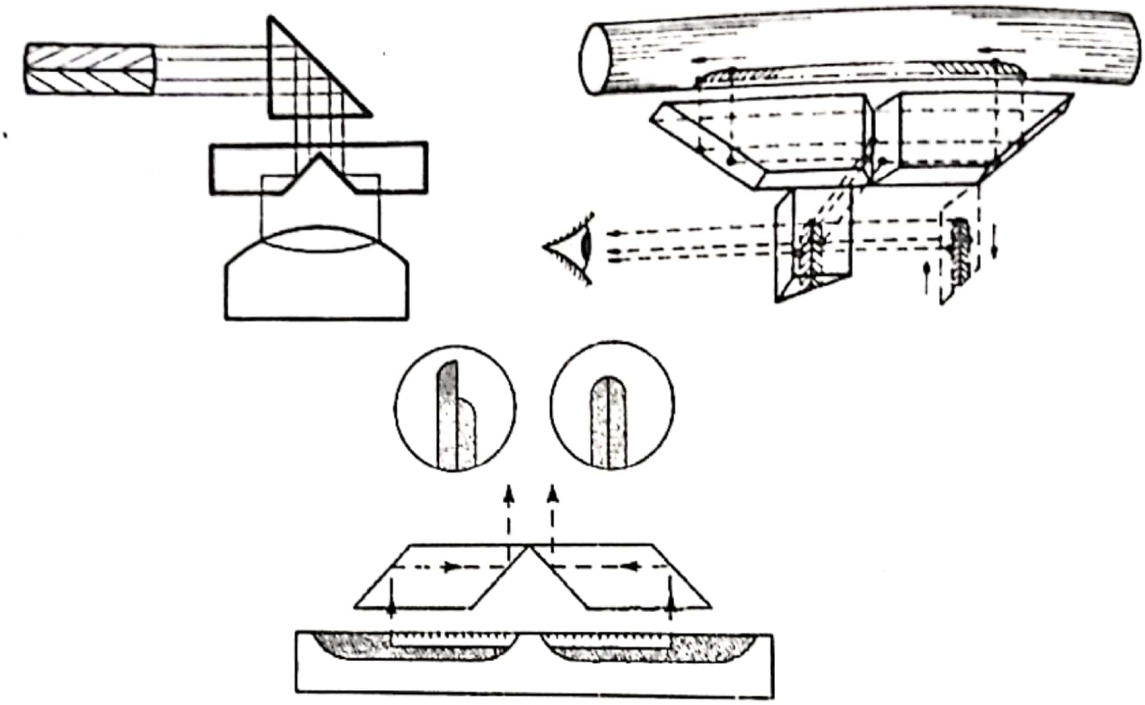
ج- تراز لوبیایی (تراز انطباقی)

در برخی از دستگاهها به جای تراز استوانه ای از تراز لوبیایی استفاده می شود. در حقیقت تراز لوبیایی همان تراز استوانه ای است با این تفاوت که، حباب در تراز استوانه ای به طور مستقیم دیده می شود اما در تراز لوبیایی به صورت نصف لوبیا دیده می شود. به این ترتیب که با استفاده از یک سیستم نوری که در روی تراز استوانه ای وجود دارد تصویر حباب تراز استوانه ای در جهات طولی به دو قسمت تقسیم شده و تصویر آن به شکل دو لپه لوبیا در کنار هم دیده می شود. هنگامی که دستگاه کاملا تراز شود (یعنی خط دید کاملا بصورت افقی باشد) این دو لپه بر هم منطبق شده و حباب تراز به صورت کاملا افقی در می آید. عمل انطباق

Scanned with CamScanner

دو نیمه حباب این تراز توسط پیچ جداگانه ای که معمولا در زیر لوله دوربین قرار دارد صورت می گیرد.

لازم به ذکر می باشد چون تشخیص انطباق و عدم انطباق به علت تیزی لبه های لپه ها، بهتر از حالت تراز استوانه ای است. بنابراین دقت تنظیم تراز لوبیایی 4 الی 8 برابر بیشتر از تراز استونه ای می باشد.



شکل ۱۲-۲۲: نحوه ایجاد تراز لوبیایی

ت- تراز اتوماتیک (خودکار)

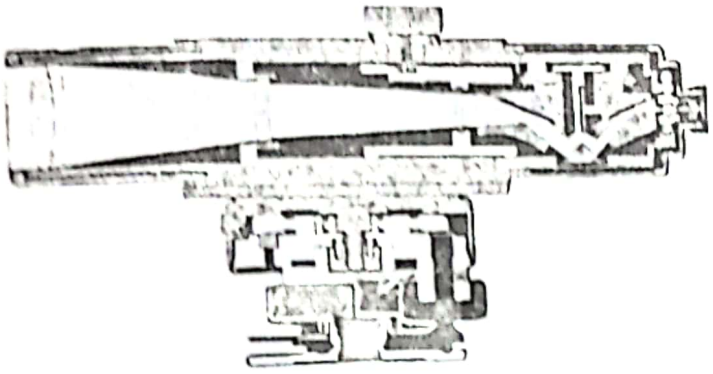
تاریخچه ترازهای اتوماتیک

از مدتها قبل کارخانجات سازنده وسایل نقشه برداری در این فکر بودند که دستگاهی بسازند که خط قراولروی آن بعد از تنظیمات لازم تحت شرایط و اثرات نیروی جاذبه زمین به طور خودکار افقی شود. اولین دستگاهی که از این نسل دستگاهها ساخته شد دستگاه ترازیابی بود که در آن از تراز آبی استفاده می شد. دقت این تراز در حدود 2 دقیقه شصت قسمتی بود اما این دقت مناسب و در حد کافی نبود. پس از سالها با استفاده از خاصیت پاندول برای افقی ساختن خط افقی استفاده شد و دقت دستگاهها تا حدود 60-40 ثانیه شصت قسمتی بالا رفت. در سال 1920 میلادی با استفاده از مایع جیوه که تقریبا یک اتوکلیماسیون انجام می داد، دستگاهی ساخته شد که دقت آن در حدود 15 ثانیه شصت قسمتی بود و بالاخره در سال 1950 با استفاده از کمپانساتور[۲] دستگاه ترازیابهای اتوماتیک با دقت حدود 5 ثانیه ساخته و به بازار ارائه گردید.

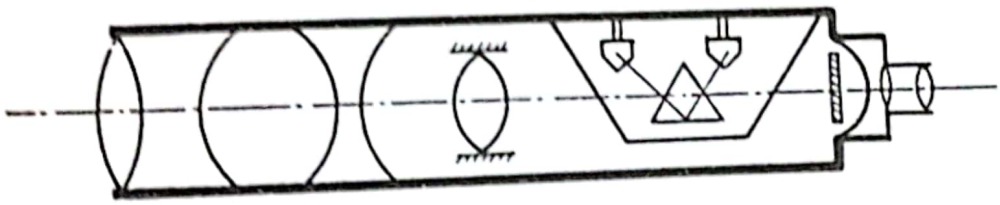
[2] Compansator

Scanned with CamScanner

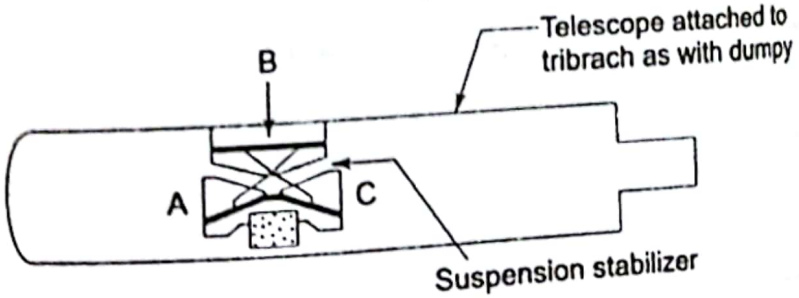
چنانچه در شکل ۱۲-۲۲ دیده می شود برای ایجاد حالت تراز، از سه منشور که دو تای انها ثابت و منشور وسطی که توسط چهار تار غیرقابل کش آمدن و غیر مغناطیسی معلق است و در اثر ضربه و یا شوکی که به دستگاه وارد می شود نوسان می نماید، استفاده می کنند. چون این منشور معلق هیچگونه اصطکاکی ندارد برای اینکه نوسانات منشور زودتر خنثی شود از یک سیستم خنثی کننده نوسانات (که عبارتست از یک سیلندر متصل به نخ منشور و یک پیستون ثابت، که فاصله شان حدود 0.1 میلی متر است) استفاده شده است. هرگونه حرکتی که به سیستم وارد می شود پس از نیم ثانیه متوقف می شود. کار این منشور این است که بعد از شوک یا ضربه کوچکی که به دستگاه وارد می شود به نوسان درآمده و خط دیدگانی را بعد از شکست های که به آن وارد می شود به صورت افقی نگه می دارد.[7]



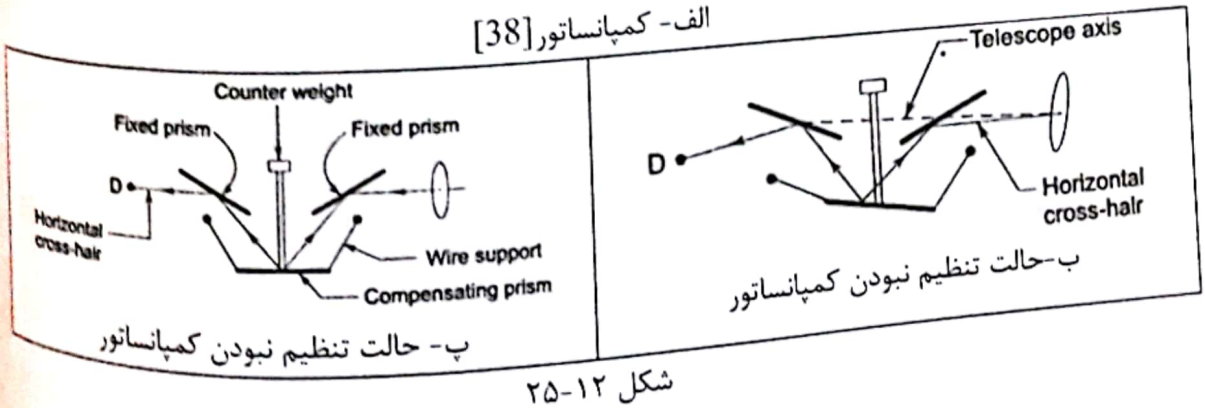
شکل ۱۲-۲۳



شکل ۱۲-۲۴



الف- کمپانساتور[38]



شکل ۱۲-۲۵

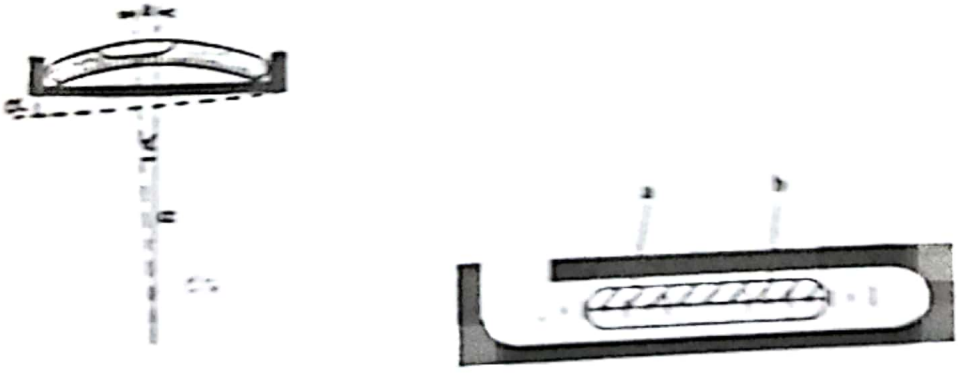
Scanned with CamScanner

تراز قرار دارد و به کمک یک اچار بیج کوچک تنظیم می کنیم. هنگامی که یک بیج تنظیم سفت می شود حباب تراز کروی به سمت آن بیج متمایل می شود و وقتی آن را شل می کنیم حباب از آن دور می شود. پس از تنظیم تراز کروی تلسکوپ را حول محور اصلی دستگاه می چرخانیم اگر حباب تراز کروی از جای خود حرکت نکرد تراز تنظیم است در غیراینصورت مراحل ذکر شده باید تکرار شوند.

ب- تراز استوانه ای (تراز لوله ای)

قبل از پرداختن به توضیحات تراز استوانه ای ابتدا تور را تعریف می کنیم. تور جسمی است که از چرخش کامل دایره ای حول یک محور واقع در صفحه اش، که از مرکز خود دایره عبور نکند، بوجود می آید مانند لاستیک اتومبیل. بنابراین، قسمت داخلی لوله در امتداد طولی خود، دارای انحناء می باشد. اگر خطی در امتداد طولی، از جدار داخلی لوله تراز عبور دهیم این خط قوسی از دایره خواهد بود.

شکل این تراز از نظر هندسی قسمتی از یک استوانه خم شده با تور است. لوله آن را در خارج محفظه تقسیم بندی کرده اند به طوری که فاصله بین هر دو قسمت متوالی عموما 2 میلی متر می باشد (فاصله بین خطوط مدرج در اصطلاح یک بالس گویند) به این ترتیب می توان در هر زمان وضعیت حباب را نسبت به درجات تقسیمی تشخیص داد. خط مماس بر استوانه را در نقطه وسط آن و در امتداد محور دوربین خط هادی تراز می گویند. اگر دستگاه سالم باشد باید این خط موازی محور دیدگانی تلسکوپ (یا عمود بر محور قائم ترازیاب) باشد. در تنظیم این تراز سعی شده است هنگامی که مرکز حباب در وسط فاصله بین تقسیمات قرار می گیرد محور دستگاه به طور کامل در راستای شاقول قرار گیرد. در ترازهای استوانه ای عموما فاصله بین تقسیمات تراز، 2 میلی متر است.[7]

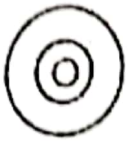


شکل ۱۲-۲۱

برای به وسط آوردن حباب در این نوع تراز نیز از بیجهای تراز کننده به ترتیب زیر عمل می شود. فرض کنیم B ،A و C سه بیج تراز کننده یک دوربین باشند. ابتدا تراز استوانه ای را موازی دو بیج از سه بیج تراز کننده قرار می دهیم. بعد آن دو بیج را مخالف جهت یکدیگر

الف- تراز کروی

محفظه این تراز فلزی بوده و قسمت بالای آن شیشه و شکل آن از نظر هندسی شبیه به عرقچین کروی است که در قسمت بالای آن در وسط حباب یک یا چند دایره سیاه رنگ با اختلاف شعاع تقریبی 2 میلی متر حک شده است تا بتوان محل تشکیل حباب و نیز میزان جابه جایی آن را تشخیص داد. خط مماس بر عرقچین کروی در راستای محور دیدگانی تلسکوپ را خط هادی تراز گویند که اگر دستگاه سالم باشد باید این خط موازی محور دیدگانی (محور قراولروی) تلسکوپ باشد.[10] ، [3]



شکل ۱۲-۲۰

در تنظیم این نوع تراز در دستگاهها نقشه برداری سعی شده است هنگامی که حباب در داخل دایره وسطی قرار می گیرد تکیه گاه تراز افقی شود، که به آن درجه تنظیمی نیز گفته می شود. به تعبیر دیگر به نقطه ای از لوله تراز که خط مماس بر آن موازی محور دیدگانی است، درجه تنظیمی گفته می شود. برای در وسط قراردادن حباب از سه پیچ تراز کننده که در زیر تکیه گاه دستگاه قرار دارد، استفاده می شود. در دستگاههای نقشه برداری سعی می کنند که درجه تنظیمی تراز در مرکز دایره وسطی تراز کروی و یا در وسط فاصله بین تقسیمات تراز استوانه ای باشد. در مواردی ممکن است این تنظیم به هم بخورد بنابراین هر چند گاهی باید درجه تنظیمی را کنترل نمود.

آزمایش و تنظیم تراز کروی

همانطوریکه گفته شد در تنظیم تراز کروی سعی می شود که حباب به هنگام افقی شدن تکیه گاه در داخل دایره وسطی (درجه تنظیمی) قرار گیرد. با وجود این ممکن است در اثر کار زیاد یا وارد شدن ضربه به دستگاه این تنظیم به هم بخورد. بنابراین هر چند گاهی یک مرتبه بایستی این تنظیم کنترل شود. به این منظور ابتدا با استفاده از پیچهای تراز کننده، حباب تراز کروی را در وسط دایره تنظیمی قرار می دهیم سپس تلسکوپ دستگاه را 180 درجه می چرخانیم، چنانکه حباب از محل خود خارج نگردید، تراز دستگاه تنظیم است در غیراینصورت باید تراز تنظیم شود. برای تنظیم، نصف مقدار جابجایی را با استفاده از پیچهای تراز کننده برطرف می کنیم و نصف دیگر آنرا بوسیله دو پیچ تنظیم تراز که در بالای محفظه

Scanned with CamScanner

مثال۴: فاصله تقسیم تراز استوانه ای یک دستگاه تئودولیت 2 میلی متر است چنانچه زاویه روبروی یکی از تقسیمات 30 ثانیه باشد شعاع انحناء سطح تراز چند متر است؟

$$r \times \alpha = d \Rightarrow r \times \frac{30}{206265} = 0.002 \Rightarrow r = 13.751m$$

در جدول ۱۲-۳ حساسیت تراز استوانه ای (لوله ای) و کروی نمونه ای از ترازیابها و تئودولیتها، لیست شده است.[7]

جدول ۱۲-۳

نوع ترازیاب	نوع تئودولیت	حساسیت تراز کروی (دقیقه)	حساسیت تراز لوله ای (ثانیه)
Ni50 زایس		15	-
Ni40 زایس		15	-
Ni40 زایس		15	-
	T1A ویلد	8	30
	Eth205 پنتاکس	8	30
	Eth310 پنتاکس	8	30
	TH41 زایس	15	30
	TM10c سوکیا	10	30
	N10 ویلد	8	60

۱۲-۴-۲-۱-۲- تقسیم بندی ترازها

ترازها براساس دقت به چهار دسته زیر تقسیم می شوند:

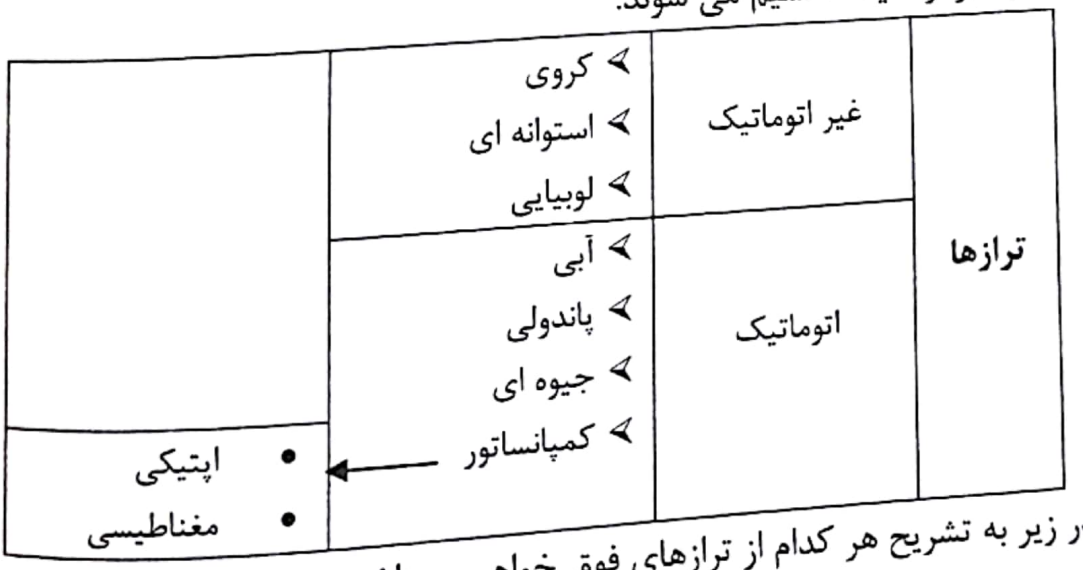
الف- تراز کروی

ب- تراز استوانه ای

پ- تراز لوبیایی (تراز انطباقی)

ت- تراز اتوماتیک (خودکار)

و یا در یک تقسیم بندی کلی، ترازها از لحاظ سیستم داخلی به دو دسته ترازهای اتوماتیک و غیراتوماتیک تقسیم می شوند.



در زیر به تشریح هر کدام از ترازهای فوق خواهیم پرداخت.

Scanned with CamScanner

حساسیت تراز حباب (α') به ازای $n=1$ تعریف می شود:

$$n=1,\quad \alpha'=\frac{l}{R}$$

$$\alpha'=\frac{l}{R}\overset{(3)}{=}\frac{l}{\frac{nlD}{s}}=\frac{s}{nD}rad$$

می دانیم:

$$(1rad=206265''=\frac{1''}{\sin 1''})$$

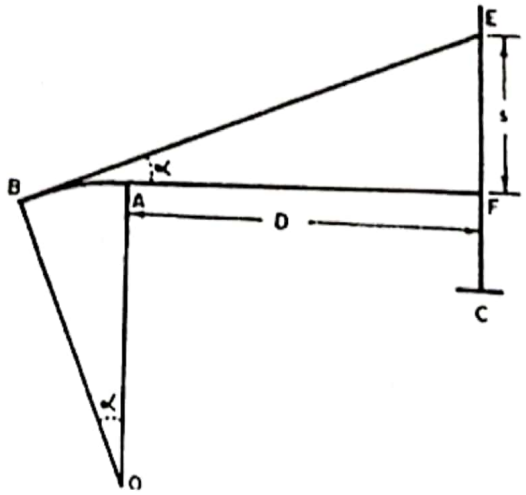
لذا حساسیت تراز حباب را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$\alpha'=\frac{s}{nD}rad=\frac{s}{nD}\times 206265''=\frac{s}{nD}\times\frac{1''}{\sin 1''}$$

مثال۲: مقدار حساسیت تراز کروی یک دستگاه ترازیاب با شعاع انحنای محفظه تراز 41.2 متر چند ثانیه است؟ (هر پالس تراز 2 میلی متر در نظر گرفته شود)

$$\varepsilon^{rad}=\frac{d}{r}=\frac{0.002}{41.2}=4.854\times10^{-5}rad=4.854\times10^{-5}\times206265''=10''$$

مثال۳: با یک دستگاه ترازیاب که شعاع تراز آن 20m است به فاصله 50m قراولروی نموده ایم، اگر انحراف حباب تراز 2mm باشد خطای قرائت چقدر می باشد؟



راه حل اول:

$$r\times\varepsilon=d\Rightarrow\varepsilon=\frac{d}{r}=\frac{2^{mm}}{20\times1000^{mm}}=\frac{1}{10000}$$

$$e=r\times\varepsilon=50\times\frac{1}{10000}m=\frac{1}{200}m=\frac{1}{200}\times1000mm=5mm$$

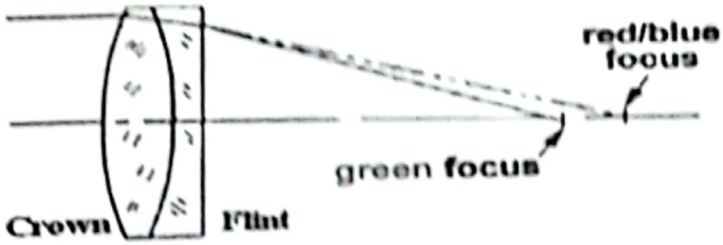
راه حل دوم:

$$\frac{d}{r}=\frac{d'}{r'}\Rightarrow\frac{d}{r}=\frac{d'}{50}\Rightarrow\frac{2^{mm}}{20000^{mm}}=\frac{d'}{50000^{mm}}\Rightarrow d'=5mm$$

Scanned with CamScanner

ابیراهی رنگی را به سادگی می توان با یک عدسی همگرا ساز ضخیم مشاهده کرد. هنگام تابیدن نور چند رنگ (مانند نور شمع) عدسی، یک تصویر حقیقی ایجاد می کند که هاله ای دور آن است. اگر صفحه مشاهده به عدسی نزدیکتر شود، اطراف تصویر به نارنجی و قرمز می گراید. اگر صفحه مشاهده از عدسی دور شود، این حاشیه به آبی و بنفش می گراید.

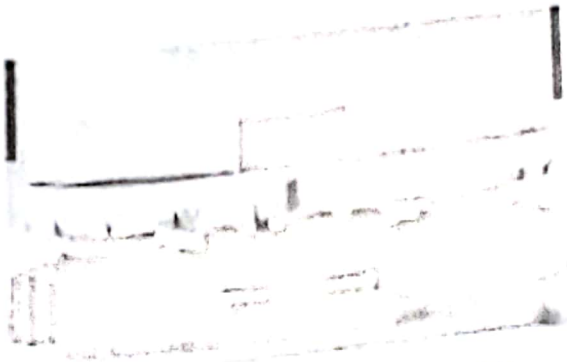
می توان ابیراهی رنگی را با استفاده از دو عدسی تصحیح نمود که معمولترین روش، استفاده از دو عدسی به هم چسبیده کوژ و کاو است که به آن آکرومات می گویند. این دو عدسی معمولا از جنس کرون و فلینت هستند که پرکاربردترین نوع آن که به آکرومات چسبیده فرانهوفر مشهور است، از یک عدسی دو طرف کوژ کرون چسبیده به یک عدسی فلینت کاو- تخت (تقریبا تخت) تشکیل شده است. استفاده از کرون به عنوان عدسی ورودی به خاطر مقاومتش در برابر سایش متداول است. چون شکل کلی تقریبا کوژ- تخت است، می توان با انتخاب شیشه مناسب هم ابیراهی کروی و هم کوما را نیز تصحیح کرد.



شکل ۱۲-۱۵

۱۲-۴-۲- قسمت میانی ترازیاب

این قسمت شامل تراز کروی و آینه تراز کروی (در صورت وجود برای بهتر دیدن تصویر حباب بکار می رود) می باشد. بعضی از ترازیابها دارای صفحه مدرج لمب افقی می باشند که جهت اندازه گیری تقریبی زاویه های افقی بکار می روند. دایره مدرج به طور معمول ثابت بوده و قسمت های متحرک دستگاه روی آن می چرخند. تعدادی از دستگاهها این امکان را دارند که درجه صفر آن را بتوان به کمک دست در امتداد خاصی قرار داد. در حقیقت تعبیه شاقول و دایره مدرج در دستگاههای ترازیاب جهت قرائت زاویه با دقت کم در حد درجه و نیم درجه می باشد.



Scanned with CamScanner

۱۲-۴-۲-۱- مقدمه ای بر تراز

در اندازه گیری های نقشه برداری که نیاز به افقی کردن تکیه گاه یا اندازه گیری ارتفاعی در جهت عمود بر سطوح تراز داریم باید از وسائلی جهت تراز کردن محورهای اندازه‌گیری استفاده کنیم که اصطلاحا این وسایل تراز نامیده می شوند.

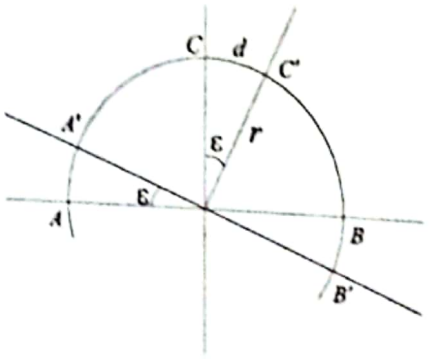
تراز وسیله ای است برای افقی کردن یک صفحه یا یک امتداد بکار می رود بنابراین توسط تراز می توان خط دید را افقی نمود.

ساختمان تراز یک محفظه فلزی یا شیشه ای است که در داخل آن یک مایع فرار مثل الکل یا اتر می ریزند به طوری که حجم مایع کمی کمتر از حجم تمام محفظه بوده و به قسمت کوچکی از حجم محفظه باقی مانده به جای خود مایع از بخار آن مایع می ریزند و به همین خاطر بخار مایع با توجه به کم بودن چگالی نسبت به خود مایع در بالاترین قسمت محفظه قرار می گیرد.

۱۲-۴-۲-۱-۱- حساسیت تراز

حساسیت تراز عبارتست از مقدار زاویه ای است که در اثر انحراف دستگاه به اندازه آن زاویه، حباب تراز به اندازه یکی از تقسیمات تغییر مکان دهد. اگر d فاصله بین تقسیمات و r شعاع انحناء لوله تراز باشند مقدار حساسیت تراز (ε) از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$\varepsilon = \frac{d}{r}$$



d: فاصله بین تقسیمات

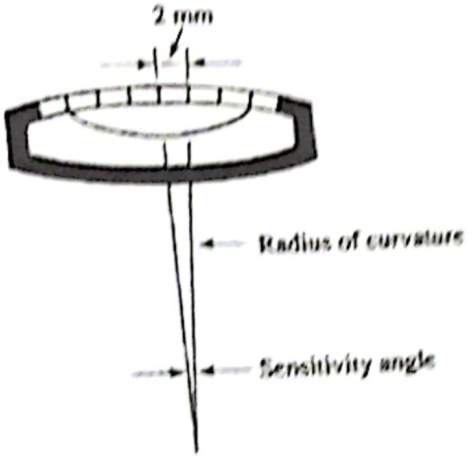
r: شعاع تراز

ε : مقدار عددی حساسیت

شکل ۱۲-۱۷

واضح است هر چه دستگاه دقیقتر باشد مقدار عددی حساسیت آن کمتر است.

Scanned with CamScanner

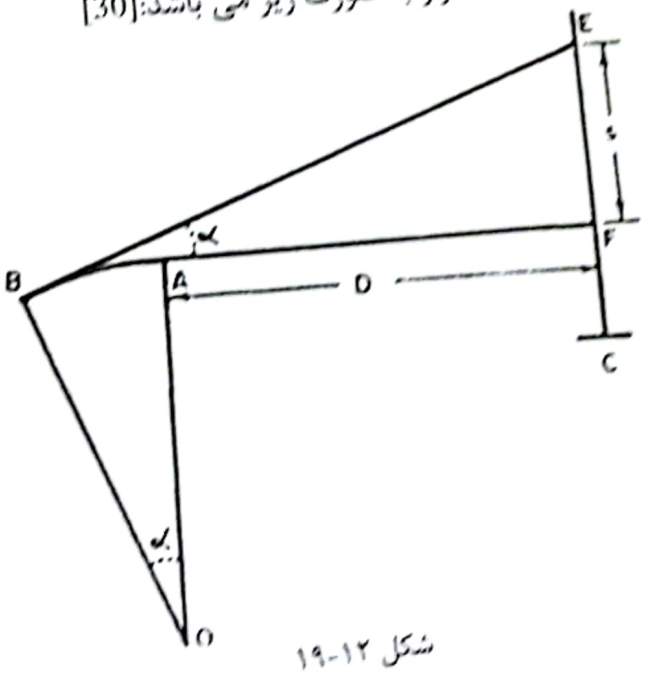


شکل ۱۲-۱۸

جدول ۱۲-۲

حساسیت تراز	دقت
تروی	5′ ~ 15′
استوانه ای (لوله ای)	30″ ~ 50″
لوبیایی	5″ ~ 10″

نحوه عملی پیدا نمودن حساسیت تراز به صورت زیر می باشد:[30]



شکل ۱۲-۱۹

$$\Delta BEF : tg\alpha = \alpha = \frac{s}{D} \qquad (1)$$

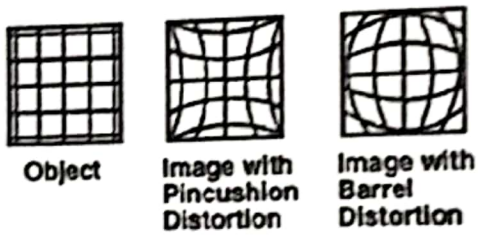
$$\Delta AOB : \alpha = \frac{AB}{R} = \frac{nl}{R} \qquad (2)$$

$$\overset{(1),(2)}{\Rightarrow} \frac{s}{D} = \frac{nl}{R} \Rightarrow R = \frac{nlD}{s} \qquad (3)$$

Scanned with CamScanner

- **اعوجاج**

منشا این ابیراهی، وابستگی بزرگنمایی عرضی به فاصله شی از محور است. این فاصله ممکن است با آنچه نظریه پیرامحوری با بزرگنمایی عرضی ثابت پیش بینی می کند تفاوت داشته باشد. به بیان دیگر اعوجاج از اینجا ناشی می شود که بخشهای مختلف عدسی فاصله های کانونی متفاوت و در نتیجه بزرگنمایی متفاوتی دارند. اعوجاج در نبود ابیراهی های دیگر به صورت تغییر شکل کل تصویر نمود می یابد، هر چند تمام بخش ها کاملا واضح و کانونی هستند. پس برای سیستم اپتیکی مبتلا به اعوجاج مثبت، یک آرایه به صورت شکل ۱۲-۱۳ (سمت راست) در می‌آید. در این مورد تمام نقاط تصویر در جهت شعاعی به بیرون جابجایی دارند و هرچه فاصله نقاط از مرکز بیشتر باشد، جابجایی بیشتر است.

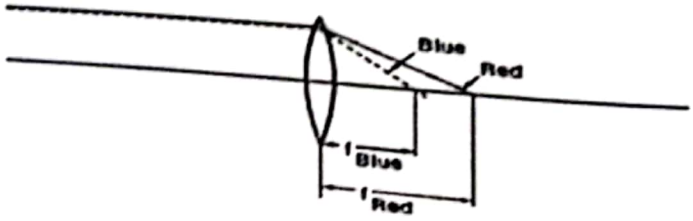


شکل ۱۲-۱۳

به نحوی مشابه، در یک سیستم اپتیکی مبتلا به اعوجاج منفی هر چه فاصله نقطه تصویر از مرکز بیشتر باشد، بزرگنمایی عرضی کمتر است و در نتیجه نقاط در جهت شعاعی به سمت مرکز جابجا می شوند (شکل بالا عکس وسط).

۱۲-۴-۱-۲-۲- ابیراهی رنگی

ابیراهی های رنگی که مشخصا از چند رنگ بودن نور ناشی می شوند بسیار مهمتر از ابیراهی های تک رنگ هستند. معادله رهگیری پرتو، تابعی از ضرایب شکست است و اینها خود تابعی از طول موج هستند. رنگهای مختلف پرتو، مسیرهای متفاوتی را در سیستم دنبال می کنند و این ویژگی اصلی ابیراهی رنگی است.



Scanned with CamScanner

نقشه برداری برای تلسکوپهایی با قدرت درشت نمایی 40x، برابر '45و برای تلسکوپهایی با درشت نمایی 20x، برابر '1°30می باشد.

جدول ۱۲-۱: درشت نمائی و عرض میدان دید دوربینهای مختلف

دوربین ها	ترازیابها	درشت نمایی	عرض میدان دید $m/100m$
	زایس $Ni1$	$40x$	1.8
	زایس $Ni2$	$32x$	2.3
	زایس $Dini12$	$32x$	2.4
	ویلد $N10$	$20x$	3.8
	ویلد $NAK1$	$24x$	3.15
	ویلد $NA2$	$32x$	2.4
	ویلد $NA824$	$24x$	3.5
زایس $Th2$		$30x$	2.9
ویلد $T0$		$20x$	3.6
ویلد $T2$		$30x$	2.9

مثال۱: فواصل کانونی عدسی های شیئی و چشمی یک دستگاه ترازیاب به ترتیب 96 سانتی متر و 30 میلی متر است. درشت نمایی این دستگاه چقدر می باشد؟

$$G = \frac{96}{3} = 32$$

در ادامه خطاهای که یک عدسی می تواند داشته باشد را بررسی می کنیم.

۱۲-۴-۱-۲- ابیراهی[1] عدسی ها

یک رهگیری پرتوی دقیق یا حتی اندازه گیری بر روی یک سیستم نمونه مطمئنا ناسازگاری با توصیف پیرامحوری را نشان می دهد. این انحراف از شرایط ایده آل اپتیک گاوسی، ابیراهی خوانده می شود. ابیراهی به دو دسته اصلی تقسیم می شود. ابیراهی رنگی که در اثر بستگی ضریب شکست به فرکانس ایجاد می شود و ابیراهی تکرنگ که شامل دو نوع زیر می باشد:

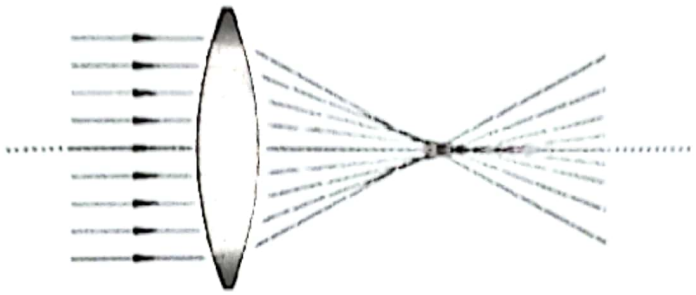
- ابیراهیهایی مانند ابیراهی کروی، کوما و آستیگماتیسم که باعث افت کیفیت تصویر و تار شدن آن می‌شوند.
- ابیراهیهایی مانند انحنای میدان پتسوال و اعوجاج که باعث اعوجاج تصویر می شوند.

Scanned with CamScanner

۱۲-۴-۱-۲-۱- ابیراهی تکرنگ

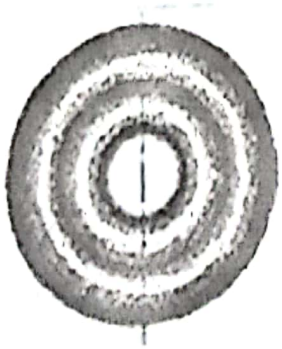
• ابیراهی کروی

در این ابیراهی همانطور که در شکل ۱۲-۷ دیده می شود پرتوهایی که محل برخوردشان به سطح فاصله بزرگتری تا محور دارند، نزدیکتر به راس کانونی می شوند. به عبارت دیگر برای یک عدسی همگرا، پرتوهای حاشیه ای بیش از حد خم شده اند و جلوتر از پرتوهای پیرا محوری کانونی تشکیل می شوند.



شکل ۱۲-۷

البته اینکه یک سیستم اپتیکی تصویری نقطه ای بسازد به لحاظ فیزیکی غیر واقعی است. در بهترین شرایط عدسی، تصویر یک منبع نقطه ای را به صورت یک قرص کوچک دایره ای روشن، تشکیل می دهد که اطراف آن حلقه های کم سوئی وجود دارد. این را الگوی ایری می گویند که در شکل ۱۲-۸ مشاهده می‌کنید.



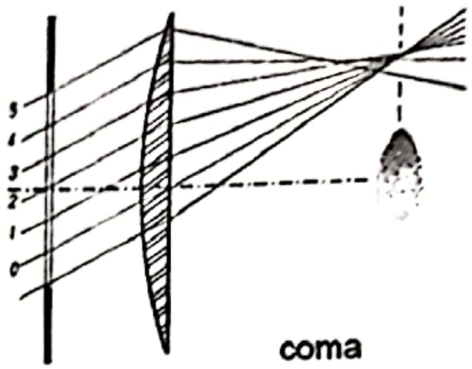
شکل ۱۲-۸

• کوما (انحراف کانونی)

کوما یک ابیراهی اولیه تکرنگ خراب کننده تصویر است که به یک نقطه شیئی حتی با فاصله نزدیک به محور مربوط می شود. منشا کوما این است که صفحات اصلی را تنها در ناحیه پیرامحوری می توان مسطح فرض کرد. ولی طولهای کانونی موثر و در نتیجه بزرگنمایی های عرضی برای پرتوهایی که از خارج ناحیه محوری عدسی می گذرند متفاوت است. کوما شبیه

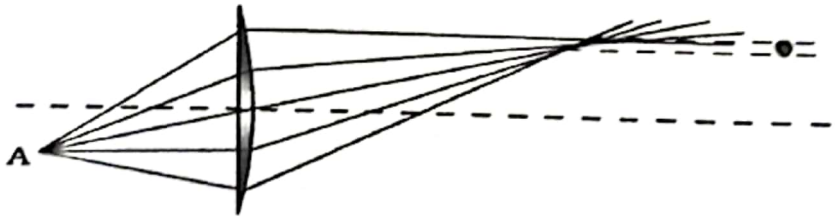
Scanned with CamScanner

دنباله یک ستاره دنباله دار است و نام خود را از این ویژگی گرفته است. کوما غالبا بدترین ابیراهی در نظر گرفته می شود و این عمدتا به خاطر آرایش نامتقارن آن است. فهم این نکته جالب است که عدسی ای که برای وضعیتی با یک نقطه مزدوج بینهایت به خوبی تصحیح شده است، ممکن است برای شی نزدیکتر عملکرد رضایت بخشی نداشته باشد.



شکل ۱۲-۹

مشاهده کوما کار ساده ای است. در واقع هر کسی نور آفتاب را با یک عدسی مثبت ساده، کانونی کرده باشد بی شک اثرات این ابیراهی را دیده است. اگر عدسی کمی کج شود، تا پرتوهای تقریبا موازی خورشید با محور اپتیکی زاویه بسازد، لکه کانونی شده نور خورشید به صورت یک ستاره دنباله دار کشیده می شود.

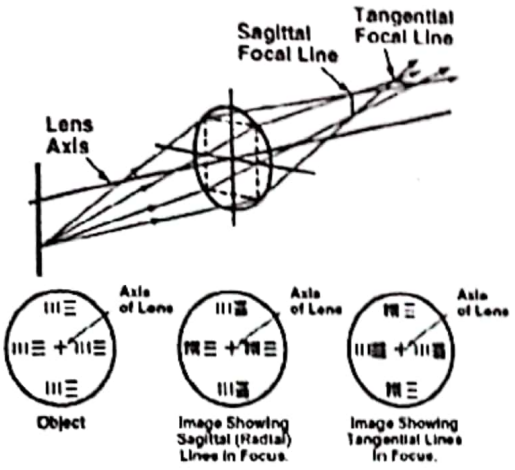


شکل ۱۲-۱۰

- **آستیگماتیسم**

اگر یک نقطه شی در فاصله قابل ملاحظه ای از محور اپتیکی قرار داشته باشد، مخروط پر توهای آن به صورت نامتقارن به عدسی می خورند و سومین ابیراهی، موسوم به آستیگماتیسم ایجاد می شود. تصویری که سیستم اپتیکی با آستیگماتیسم کم (تقریبا کمتر از 0.2λ) از یک منبع نقطه ای تشکیل می دهد، بسیار شبیه الگوهای قرص- حلقه ایری است، ولی تا حدی نامتقارن است. با افزایش آستیگماتیسم (بیش از حدود 0.5λ) عدم تقارن دو محوری آشکارتر می شود و تصویر توزیع پیچیده ای از نواحی تاریک و روشن تبدیل می شود.

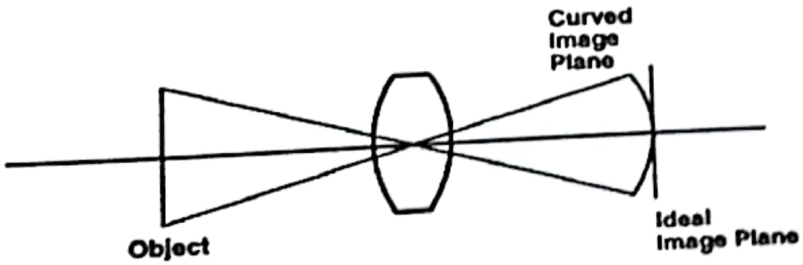
Scanned with CamScanner



شکل ۱۲-۱۱

- **انحنای میدان پستوال**

فرض کنید که یک سیستم اپتیکی داریم که هیچ یک از ابیراهیهای توصیف شده تا اینجا را ندارد. بنابراین تناظر یک به یکی بین نقاط سطوح شیئی و تصویر برقرار است (تصویر سازی استیگمتیک). یک جسم صفحه ای عمود بر محور، تنها در ناحیه پیرامحوری تقریبا به صورت یک صفحه، تصویر می شود. به ازای دهانه های محدود، سطح خمیده تصویر استیگمتیک نمودی از ابیراهی موسوم به انحنای میدان پتسوال است. این اثر را می توان با بررسی شکل ۱۲-۱۲ درک کرد.



شکل ۱۲-۱۲

در ابزارهای بصری، انحنای میدان پستوال را تا حدی می توان تحمل کرد، زیرا چشم می تواند با آن سازگار شود. واضح است که انحنای میدان در لنزهای عکاسی بسیار نامطلوب هستند، زیرا اثر آن تار شدن تصویر خارج از محور، هنگام قرار گرفتن فیلم در صفحه کانونی است. یک روش موثر برای حذف انحنای به سمت داخل یک عدسی مثبت، قرار دادن یک عدسی مسطح کننده میدان در نزدیک صفحه کانونی است. این کار در شیئی دستگاههای عکاسی و پروژکتورها، در مواردی که ارضای شرط پتسوال ممکن نیست، انجام می شود. در این وضعیت مسطح کننده، اثر چندانی بر ابیراهی های دیگر ندارد.

Scanned with CamScanner

۲-۴-۱-۱- مشخصات تلسکوپ

برای اینکه دقت کار بالا برود باید نکات زیر را مد نظر قرار داد. تصویری که عدسی شیئی تشکیل می دهد، بایستی

- کاملا روشن باشد.
- شکل آن صحیح و مشابه جسم باشد.
- خطوط کناری تصویر کاملا مشخص باشد.
- فاقد لکه و نقاط تیره باشد.

لذا پارامترهایی که مشخصات تلسکوپ را تعیین می کنند عبارتند از:

✓ روشن و واضح بودن تصویر

روشنی و واضحی تصویر، بستگی به جنس عدسیها، چگونگی تهیه و نصب آنها و نیز تعداد آنها در تلسکوپ دارد.

✓ عرض زاویه ای میدان دید

عرض زاویه ای میدان دید، زاویه ای است که مرکز آن در محل چشم ناظر و اضلاع آن خطوطی است که چشم ناظر را به دو نقطه مقابل هم در حاشیه میدان دید وصل می کنند. این زاویه را برای هر دوربینی می شود، اندازه گیری کرد.

✓ درشت نمایی

درشت نمایی عبارتست از نسبت زاویه ای که تحت آن تصویر جسم از طریق چشمی دیده می شود، به زاویه ای که تحت آن جسم مستقیما بدون استفاده از تلسکوپ مشاهده می گردد. اگر فاصله کانونی عدسی شیئی را با F و فاصله کانونی عدسی چشمی را با f و بزرگ نمایی را با G نشان دهیم، داریم:

$$G = \frac{F}{f}$$

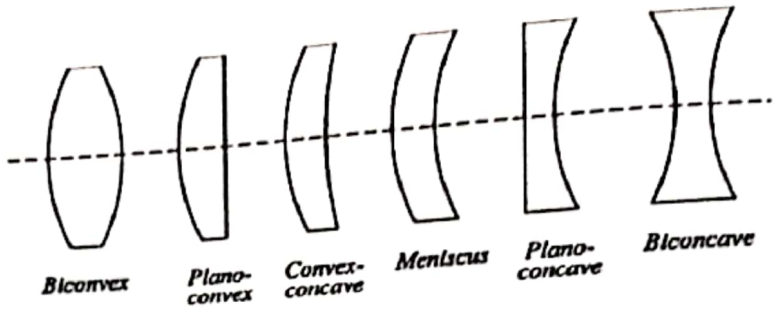
بزرگ نمایی تصویر عموما بین 20 الی 42 برابر می باشد.

تعدد عدسی شیئی در ترازیابی باعث زیاد شدن برد و وضوح تصویر می شود. به عنوان مثال در ترازیاب $GK1$ ساخت کارخانه کرن، درشت نمائی 22.5 برابر و در زاویه یاب T_3 ساخت کارخانه ویلد که دستگاه دقیقی می باشد مقدار درشت نمایی به 40 برابر می رسد.[7]

به طورکلی هر چه قدرت درشت نمایی تلسکوپ بیشتر باشد، عرض زاویه ای میدان دید کوچکتر می شود. این موضوع یکی از دلایلی است که قدرت درشت نمایی تلسکوپها را خیلی زیاد نمی گیرند. معمولا عرض زاویه ای میدان دید دوربینهای

Scanned with CamScanner

و یا به عبارت دیگر درشت نمایی عبارت است از نسبت زاویه ای که تصویر جسم از طریق چشمی دیده می شود، به زاویه ای که تحت آن جسم مستقیما بدون استفاده از تلسکوپ مشاهده می گردد.



شکل ۱۲-۶

پرتوهای نور از اجسامی که در میدان دید دوربین قرار دارند صادر شده و پس از برخورد به عدسی شیئی وارد تلسکوپ می شوند. در لوله تلسکوپ پرتوهای نور پس از عبور از عدسی تنظیم، باعث ایجاد تصویر روی صفحه تارهای رتیکول می شوند. کار تنظیم تصویر بر عهده عدسی تنظیم می باشد که با پیچاندن پیچ مخصوص تنظیم (پیچ فوکوس که در بغل تلسکوپ قرار دارد) و با جابجایی عدسی تنظیم تصویر شفاف شده و دقیقا بر روی صفحه تارهای رتیکول منطبق می شود. تصویر تشکیل شده در روی صفحه رتیکول یک تصویر معکوس است. عدسی چشمی برای بزرگ کردن و مشاهده این تصویر به کار می رود. دو نوع چشمی وجود دارد، چشمی با تصویر مستقیم کننده و چشمی با تصویر غیرمستقیم کننده که چشمی اولی بیشتر از نوع دوم متداول است. معمولا این نوع چشمی از چهار عدسی تخت – محدب تشکیل شده است که درون لوله فلزی بنام کشوی چشمی قرار دارند.

صفحه رتیکول از یک تیغه شیشه ای تشکیل شده که دو تار سیاه رنگ عمود بر هم روی آن حک شده است که به آنها تارهای رتیکول گویند. تارهای رتیکول مبنای نشانه رویها افقی و قائم به شمار می روند. بر روی صفحه رتیکول دو تار عمود بر هم عمودی و افقی وجود دارد که موقع تراز بودن دستگاه، تار قائم، موازی امتداد شاقولی می باشد.

جهت نشانه روی صحیح بایستی تصویر صفحه رتیکول و نیز تصویر نقطه نشانه کاملا واضح و روشن دیده شود که این کار توسط دو پیچ تنظیم تارهای رتیکول (فقط یک بار برای هر شخص تنظیم می شود) و تنظیم فاصله کانونی (بستگی به دوری یا نزدیکی نشانه تنظیم می شود تا تصویر نقطه نشانه در روی صفحه رتیکول تشکیل شود) صورت می گیرد. در صورتیکه این تنظیم ها به درستی صورت نگیرد با تغییر وضعیت چشم نسبت به دستگاه احساس می شود که تصویر رتیکول یا نقطه نشانه حرکت می کند که این خطا را پارالاکس گویند.

Scanned with CamScanner

- محور اوله تراز

خطی است که در مرکز حباب تراز بر اوله تراز مماس می شود.

- محور قائم (اصلی)

محوری است که امتداد قائم دستگاه را نشان می دهد. در حقیقت این محور از مرکز ابتیکی ترازیاب و همچنین از مرکز لمب افقی عبور می کند. به خاطر اینکه دستگاه حول این محور می چرخد و تمام اندازه گیریها متکی به این محور می باشد پس بایستی قائم بودن این محور بخوبی تحقیق شود. وقتی می گوییم دستگاه تراز است یعنی محور قائم دستگاه بر محور قائم مکان (امتداد شاقولی) منطبق است.

۱۲-۴- تقسیم بندی یک دستگاه ترازیاب

هر دستگاه ترازیاب از سه قسمت اساسی زیر تشکیل شده است:

الف- قسمت فوقانی ترازیاب

ب- قسمت میانی ترازیاب

ج- قسمت تحتانی ترازیاب (یا بخش ثابت دستگاه ترازیاب)

در زیر هر یک از قسمتهای ترازیاب به طور مفصل شرح داده خواهند شد.

۱۲-۴-۱- قسمت فوقانی ترازیاب

این قسمت شامل تلسکوپ و وسیله قراولروی می باشد.

☒ وسیله قراولروی عبارتست از یک مگسک که بر روی قسمت فوقانی تلسکوپ تعبیه شده و برای نشانه روی های اولیه مورد استفاده قرار می گیرد.

☒ تلسکوپ که مهمترین قسمت یک ترازیاب است از قسمتهای زیر تشکیل شده است:

الف- عدسی چشمی که شامل یک یا چند عدسی محدب با فاصله کانونی کم می باشد.

ب- عدسی میزان کننده که از نوع عدسیهای مقعر می باشد.

پ- صفحه تارهای رتیکول

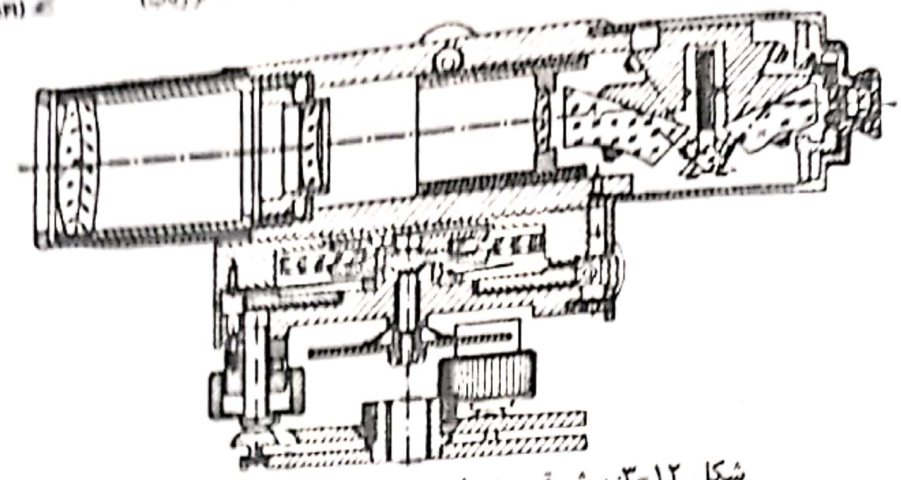
ت- عدسی شیئی که از عدسی محدب با فاصله کانونی زیاد تشکیل شده است.

ث- پیچهای تنظیم

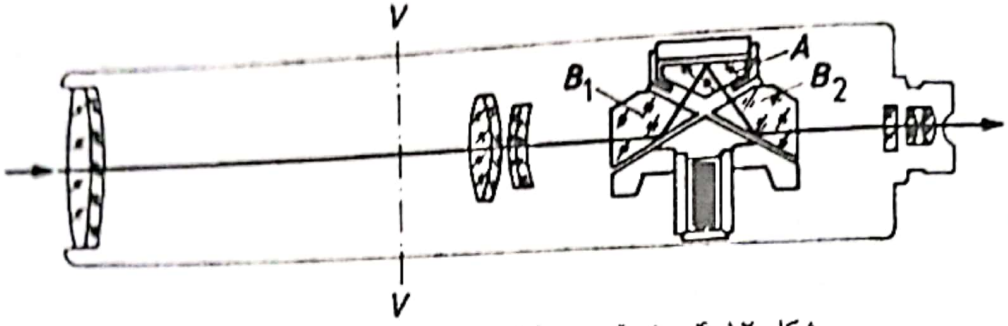
در زیر هر کدام از اجزاء تلسکوپ به طور مفصل تشریح می شوند.

عدسی ها قطعاتی از بلور هستند که سطوح آنها صیقلی و به شکل های مختلفی ساخته می شوند. سطوح صیقلی عدسی ها، سطوح کروی یا مسطح است و برحسب شکل آنها، خواص آنها متفاوت بوده و اسامی مختلفی به آنها داده اند. لازم به ذکر می باشد که نسبت طول تصویر جسم به طول واقعی جسم را بزرگ نمایی عدسی گویند.

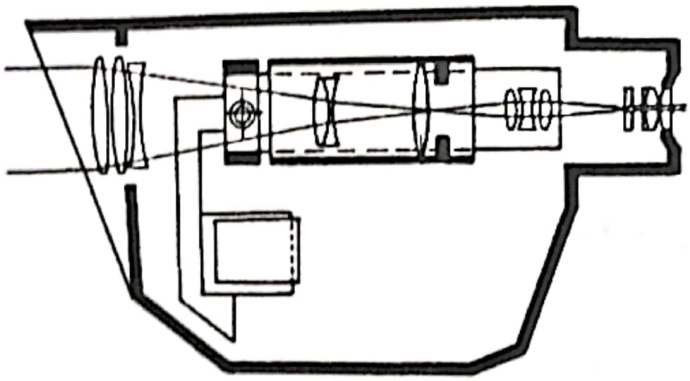
Scanned with CamScanner



شکل ۱۲-۳: برش قسمت داخلی دستگاه ترازیاب Ni2Opton



شکل ۱۲-۴: برش قسمت داخلی دوربین ترازیاب Autoset Level2



شکل ۱۲-۵: برش قسمت داخلی دوربین ترازیاب Kern DKO-A

۱۲-۳- محورهای دستگاه ترازیاب

محورهای دستگاه ترازیاب عبارتند از:

- محور عدسی ها

خطی که مرکز عدسی شیئی را به مرکز عدسی چشمی وصل می کند.

- محور دیدگانی (محور کلیماسیون)

خطی که مرکز تارهای رتیکول را به مرکز عدسی های شیئی و چشمی وصل می کند. این تعریف در حالتی صادق است که دستگاه از حالت تنظیم خارج نشده باشد. در غیراینصورت خطایی که ایجاد خواهد شد به آن خطای کلیماسیون گویند.

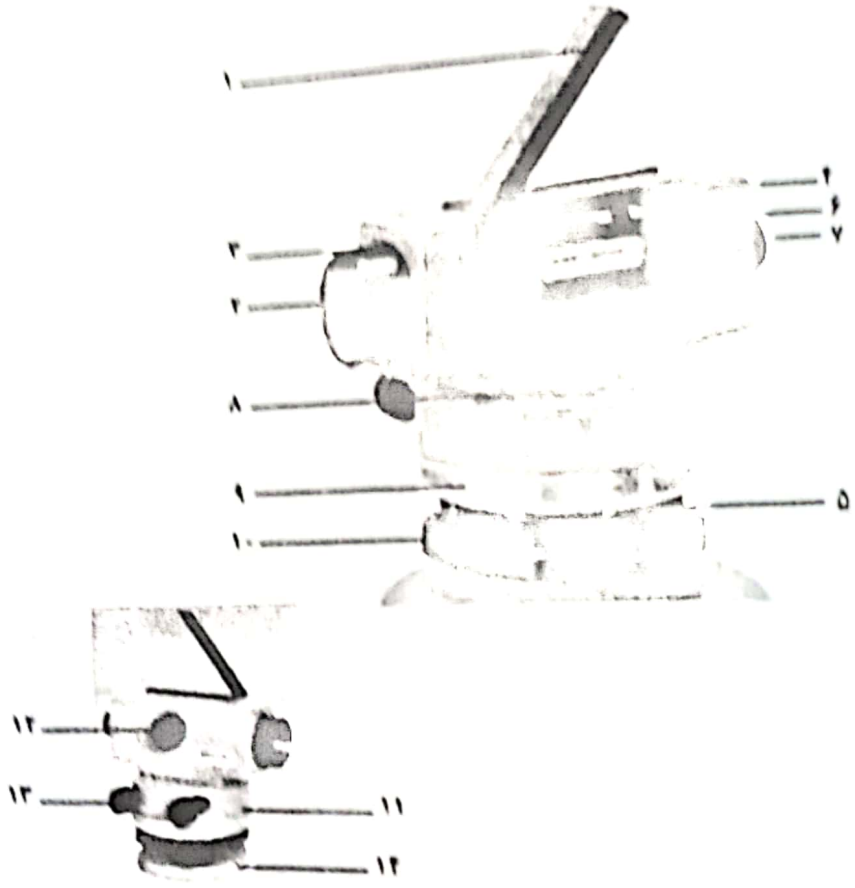
Scanned with CamScanner

۱۲-۱- ترازیاب

ترازیاب به دوربین نقشه برداری گفته می شود که تلسکوپ آن فقط حول محور عمودی در یک صفحه افقی می تواند چرخش داشته باشد. این دوربین برای سنجش اختلاف ارتفاعات به کار گرفته می شود. ترازیابها انواع مختلفی دارند که ساختمان کلی آنها تقریبا مشابه یکدیگراست.

۱۲-۲- اجزاء تشکیل دهنده ترازیاب

در شکل ۱۲-۱ اجزاء تشکیل دهنده ترازیاب NK05 ساخت کارخانه ویلد نشان داده شده است:[10]



شکل ۱۲-۱

۱. آینه تراز استوانه ای جهت بهتر دیدن حباب تراز استوانه ای
۲. عدسی شیئی
۳. رینگ نگهدارنده عدسی شیئی

برای نگهداری و محافظت از عدسی شیئی و جلوگیری از ورود گرد و غبار به داخل دستگاه تعبیه شده است.

Scanned with CamScanner

فصل دوازدهم:

تعمیر و نگهداری
وسایل نقشه برداری

(بخش اول: ساختمان دستگاه ترازیاب)

Scanned with CamScanner

۶. پیچ تنظیم تارهای رتیکول

این پیچ تارهای رتیکول را برای چشم هر فرد تنظیم می کند که اپراتور دستگاه، یک بار برای چشم خود این تنظیم را انجام می دهد.

۷. عدسی چشمی

۸. تراز کروی

برای افقی کردن ترازیاب در محل استقرار از این تراز استفاده می شود.

۹. لعب افق

در زیر پیچ حرکت کند، درجه بندی وجود دارد که برای اندازه گیریهای افقی استفاده می شود. لازم به ذکر می باشد که از این نوع ترازیابها برای کارهایی با دقت کم استفاده می شود.

۱۰. پیچ سه پایه جهت نصب ترازیاب روی سه پایه

۱۱. خط نشانه قرائت زاویه افقی

۱۲. پیچ وضوح تصویر

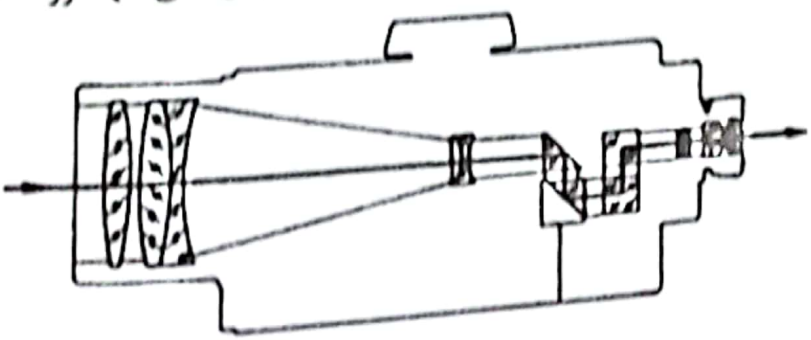
جهت واضح کردن تصویر تارکت از آن استفاده می شود که این پیچ بین دو عدسی شیئی و چشمی قرار دارد و با حرکت دادن آن، تصویر واضح می شود. لازم به ذکر می باشد که در هر بار نشانه روی به شاخص باید این پیچ تنظیم شود.

۱۳. پیچ حرکت کند ترازیاب

در ترازیاب های مهندسی، تلسکوپ فقط حول یک محور عمودی قابل دوران است. بنابراین پس از تراز کردن ترازیاب، تلسکوپ را می توان در یک سطح افقی چرخاند. چرخش به مقدار زیاد را با دست و برای حرکت دادن دوربین به طور آرام از پیچ کند دستگاه استفاده می شود. استفاده از این پیچ موجب می گردد که دوربین با دقت بیشتری به سمت یک نقطه نشانه روی نماید.

۱۴. کف ترازیاب

در اشکال زیر نیمرخ داخلی برخی از ترازیابها جهت معرفی کلی آنها آورده شده است:[10]



شکل ۱۲-۲: برش قسمت داخلی دوربین ترازیاب A61

Scanned with CamScanner