



AF

Arhitektonski fakultet u Podgorici  
Univerzitet Crne Gore

ARHITEKTONSKI FAKULTET - PODGORICA

OSNOVNE STUDIJE

**GEODEZIJA**

## IV Predavanje

Definicija ugla u ravni. Mjerne jedinice ugla i njihovi međusobni odnosi. Mjerenje ugla uglomjerom. Osnovne karakteristike instrumenata i pomoćne opreme za mjerenje uglova. Razvoj instrumenata za mjerenje uglova. Priprema instrumenta za postupak mjerenja ugla. Metode za mjerenje uglova.

Doc. dr Radovan Đurović, dipl.inž.geod.

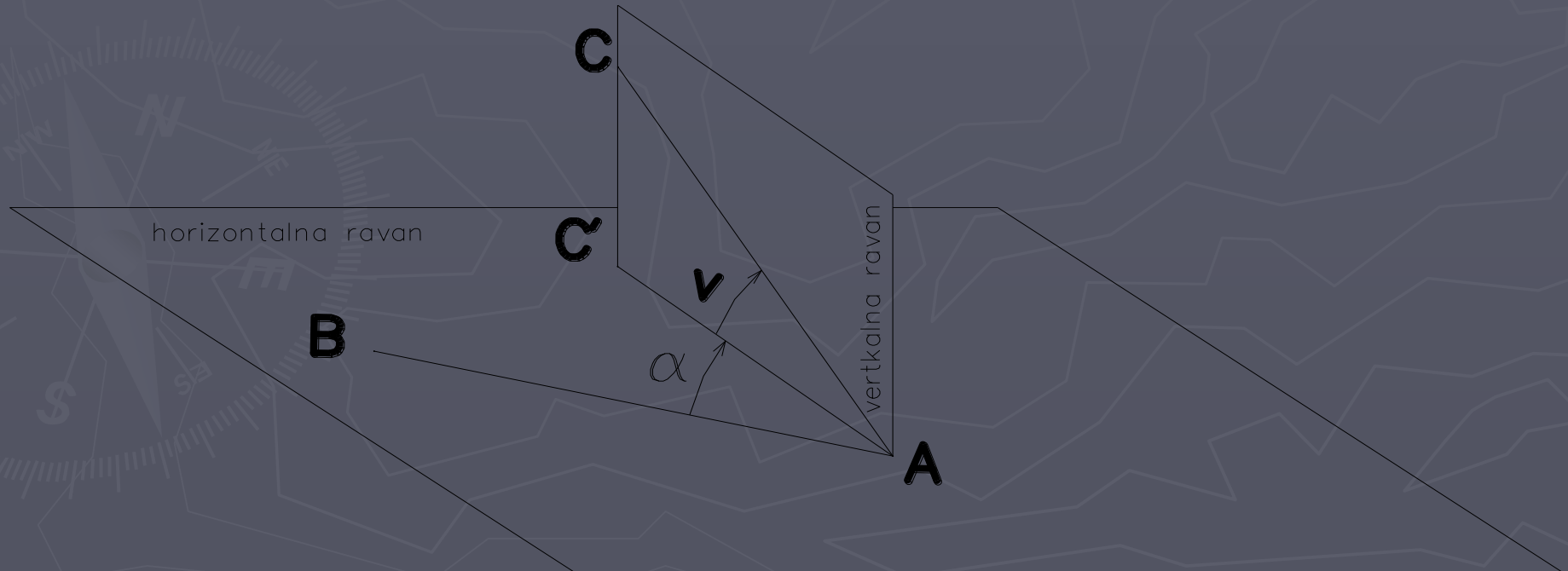
Podgorica, 2018

# Definicija ugla u ravni

Ugao se definiše kao dio ravni koji zahvataju dvije poluprave koje se sijeku u tački koja se zove tjeme ugla. Poluprave između kojih je dio ravni, zovu se kraci ugla.

U geodeziji - mjera obrtanja - za koliko treba rotirati lijevi krak ugla u smjeru kretanja kazaljke na časovniku da poklopi desni krak ugla.

Određen je sa tri tačke, od kojih je jedna tjeme ugla a druge dvije tačke su na krajevima krakova ugla.



Ugao može pripadati bilo kojoj ravni.

U geodeziji se isključivo upotrebljavaju, pa tako i mjere, uglovi koji se nalaze u horizontalnoj ravni i vertikalnoj ravni.

Glavna projekciona ravan na koju se projektuje prostor i koja je osnova za izradu geodetskih odnosno topografskih podloga - horizontalna ravan dobijena po principima Gaus-Krigerove projekcije.

Nadmorske visine tačaka - vertikalne, pa je za njihovo pozicioniranje u verikalnoj ravni potrebno mjeriti vertikalne uglove.

# Mjerne jedinice ugla i njihovi međusobni odnosi

Radian je centralni ugao kod koga je dužina luka jednaka poluprečniku kruga ( $l = r$ ).

Pun krug -  $2\pi$  radijana.

$$1 \text{ rad} = 360^\circ / (2 \times 3.141592654) = 360^\circ / 6.28318531 = 57^\circ,295779510$$

Seksagezimalna podjela – pun krug -  $360^\circ$ .  $1^\circ = 60'$ ,  $1' = 60''$

Centezimalna podjela – pun krug –  $400^g$ .  $1^g = 100^c$ ,  $1^c = 100^{cc}$

Jedan isti ugao zauzima procentualno isti dio punog kruga ma u kojim jedinicama da se izražava.

$$\frac{\alpha^\circ}{360} = \frac{\alpha^g}{400} = \frac{\alpha^{rad}}{2\pi}$$

$$\alpha^{\circ} = \left(\frac{360}{400}\right) * \alpha^g = \left(\frac{9}{10}\right) * \alpha^g$$

$$\alpha^g = \left(\frac{400}{360}\right) * \alpha^{\circ} = \left(\frac{10}{9}\right) * \alpha^{\circ}$$

$$\frac{\alpha^{\circ}}{360} = \frac{\alpha^g}{400} = \frac{\alpha^{rad}}{2\pi}$$

$$\alpha^{\circ} = \left(\frac{360}{2\pi}\right) * \alpha^{rad} = \left(\frac{360}{2 * 3,14159}\right) * \alpha^{rad} = 57,295778 * \alpha^{rad}$$

$$\alpha^{rad} = \left(\frac{2\pi}{360}\right) * \alpha^{\circ} = \left(\frac{2 * 3,14159}{360}\right) * \alpha^{\circ} = 0,017453 * \alpha^{\circ}$$

$$\alpha^g = \left(\frac{400}{2\pi}\right) * \alpha^{rad} = \left(\frac{400}{2 * 3,14159}\right) * \alpha^{rad} = 63,661977 * \alpha^{rad}$$

$$\alpha^{rad} = \left(\frac{2\pi}{400}\right) * \alpha^g = \left(\frac{2 * 3,14159}{400}\right) * \alpha^g = 0,015708 * \alpha^g$$

# Mjerenje ugla uglomjerom

Ugao se može direktno mjeriti pomoću uglomjera.

Horizontalni ugao – uglomjer u horizontalnoj ravni.

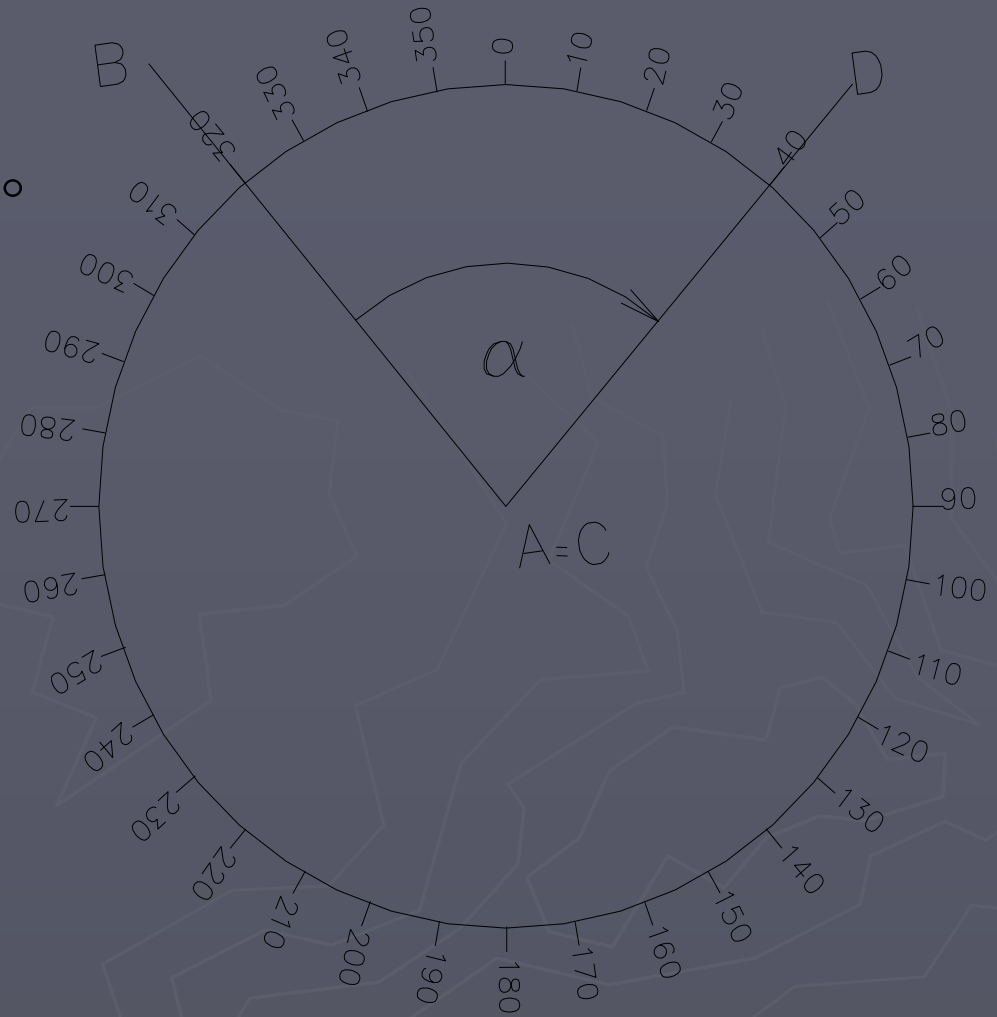
Vertikalni ugao – uglomjer u vertikalnoj ravni.

Prilikom mjerenja ugla, centar uglomjera se poklapa sa tjemenom ugla a pravci se „očitavaju“ na uglomjeru.

U geodeziji se računa samo sa uglovima koji imaju pozitivnu vrijednost - lijevi krak rotira oko tjemena u pravcu kretanja kazaljke na časovniku, dok se ne poklopi sa drugim krakom.

Od „čitanja“ uglomjera kod desnog kraka uvijek se oduzima „čitanje“ uglomjera kod lijevog kraka. Ukoliko se ovako dobije negativan ugao, tada se ovoj vrijednosti dodaje  $360^\circ$ .

$$\alpha = 40^\circ - 320^\circ = -280^\circ(+360^\circ) = 80^\circ$$



Perioda - pun ugao -  $360^\circ$ ,  $400^\circ$  ili  $2\pi$  radijana.

$$\alpha = 1040^\circ = 1040^\circ(-360^\circ) = 680^\circ(-360^\circ) = 320^\circ$$

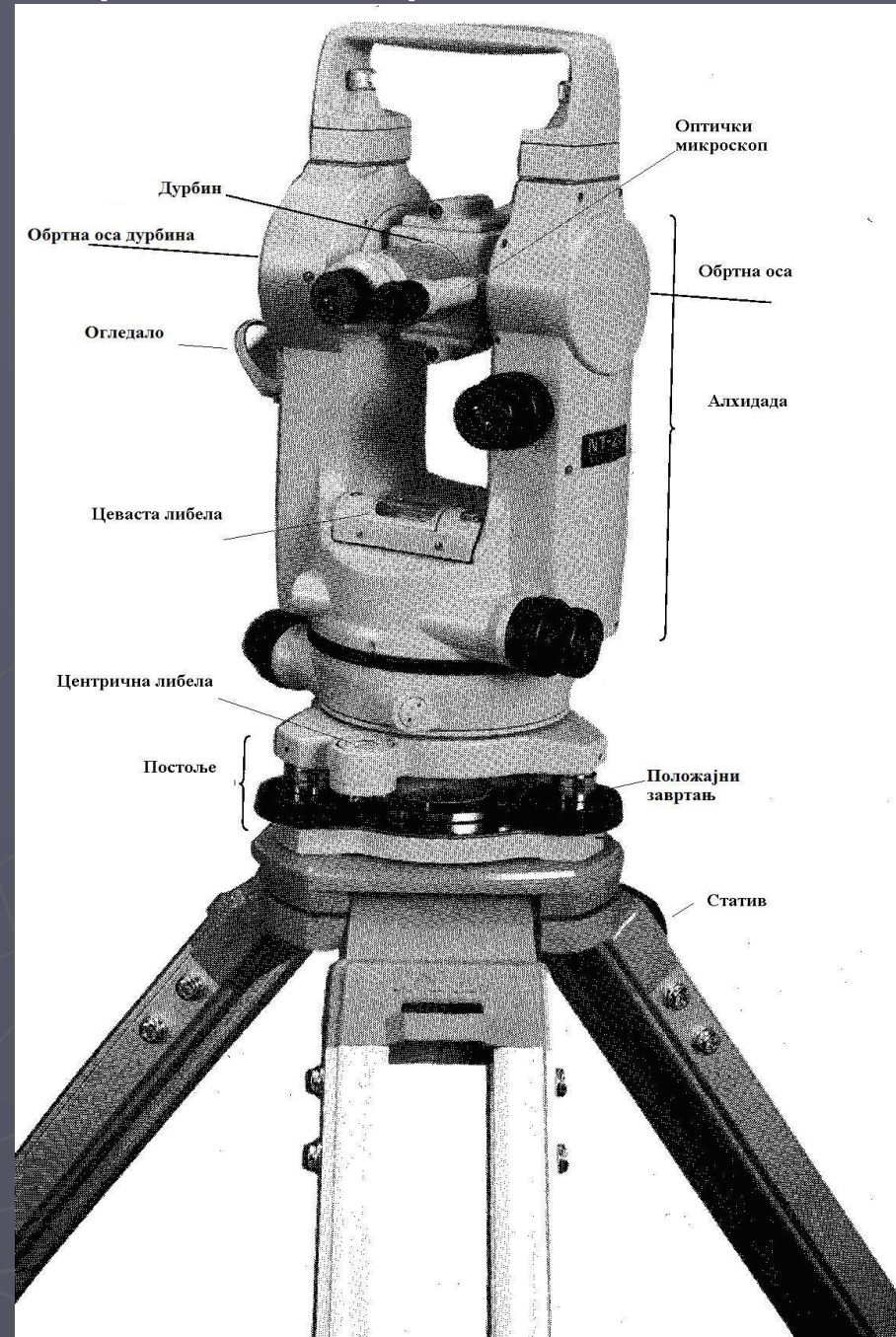


# Osnovne karakteristike instrumenata i pomoćne opreme za mjerenje uglova.

Uglomjer na tjemenu ugla na terenu je nemoguće horizontirati i identifikovati krake ugla. Potrebno preciznije mjerenje ugla.

Geodetski instrumenti za mjerenje uglova nazivaju se teodoliti. Savremeni teodoliti nazivaju se totalne stanice.

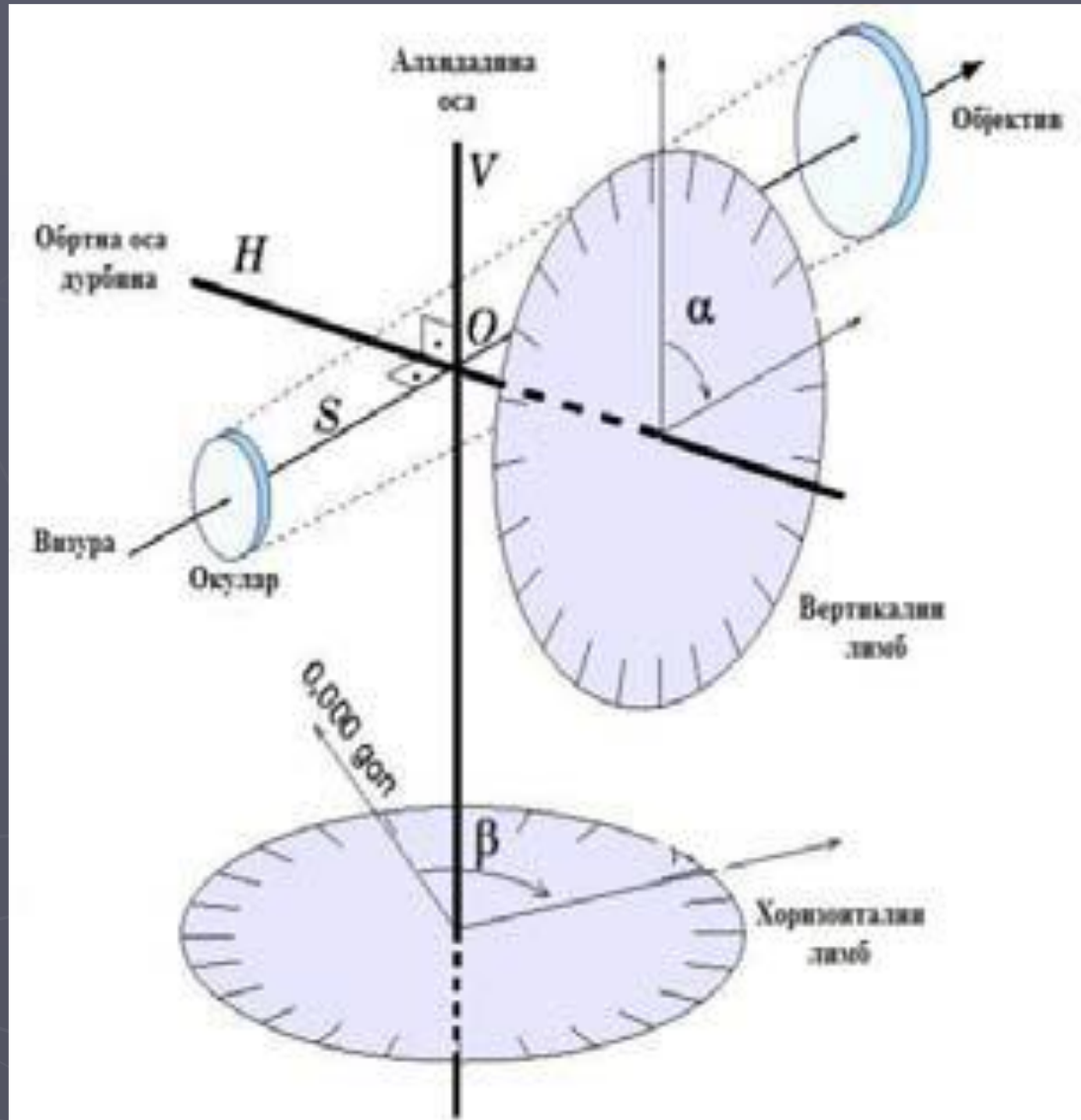
Osnovni dijelovi teodolita su: položajni zavrtnjevi, postolje, alhidada, libele (cjevasta i centrična), durbin, horizontalni i vertikalni limb, uređaji za očitavanje podjele horizontalnog i vertikalnog limba itd...





Uglomjer ugrađen u instrument zove se „limb“.

Horizontalni limb kod mjerenja horizontalnih uglova treba da se nalazi u horizontalnoj ravni.



Limbovi za vrijeme mjerenja ugla moraju biti nepokretni a centar horizontalnog limba mora da se poklapa sa tjemenom ugla.

Podjela na horizontalnom limbu se nanosi u smjeru kretanja kazaljke na časovniku i može biti u stepenima ili gradusima.

Centar vertikalnog limba, nalazi se u presjeku vertikale povučene iznad centra horizontalnog limba i obrtne osovine durbina.

Podjela vertikalnog limba fiksirana - u smjeru kretanja kazaljke na časovniku, kada se pomoću njega mjere zenitna odstojanja - u suprotnom smjeru od smjera kretanja kazaljke na časovniku, ukoliko se pomoću njega mjere vertikalni uglovi.

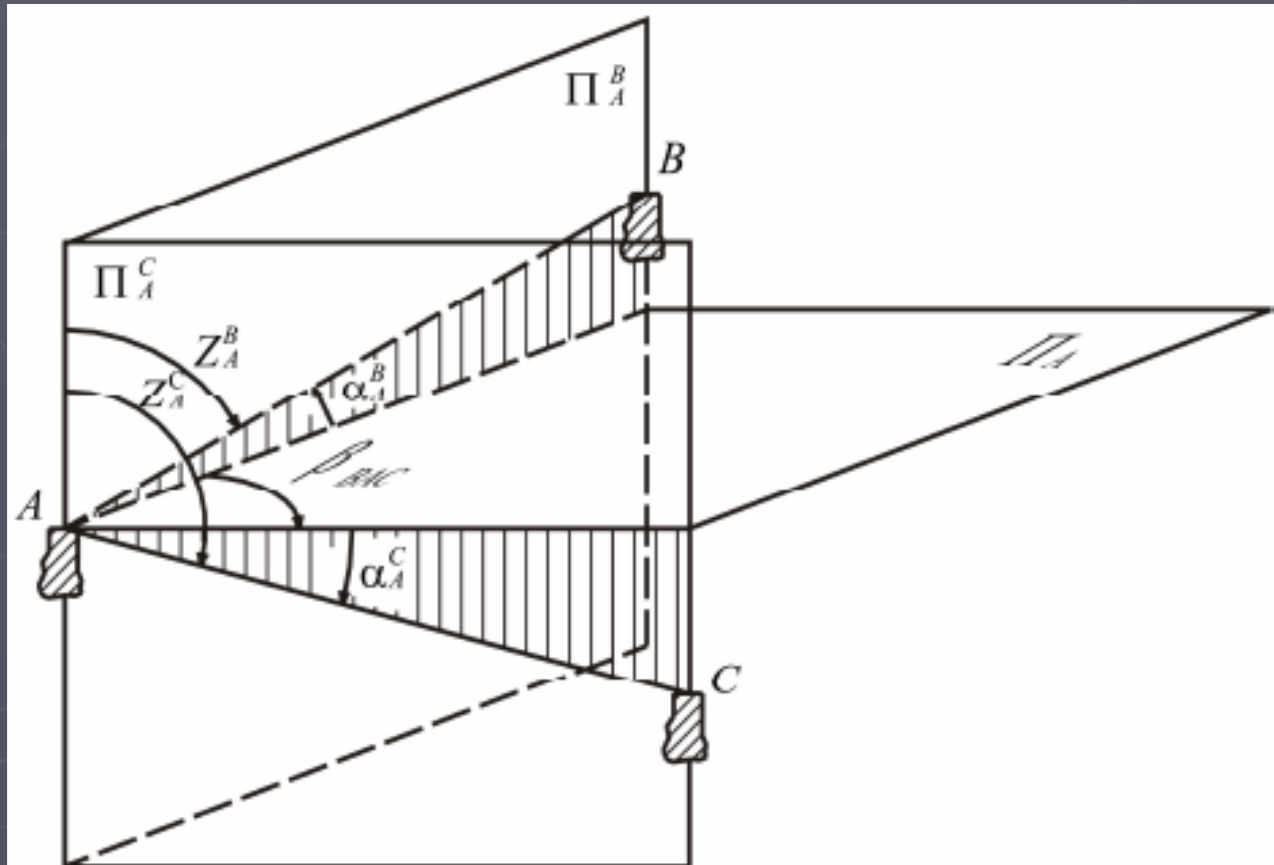
Zenitno odstojanje ( $Z$ ) je vrijednost ugla koja se dobija rotacijom pravca vertikale od pravca zenita do pravca određene vizurne tačke u smjeru kretanja kazaljke na časovniku ( $0^\circ$  do  $180^\circ$ ).

Vertikalni ugao ( $\alpha$ ) je ugao koji pravac vizure zaklapa sa horizontalnom ravni, i mjeri se u vertikalnoj ravni koja sadrži vizuru.

Vizurna tačka iznad horizonta -  $\alpha$  od  $0^\circ$  do  $90^\circ$ .

Vizurna tačka ispod horizonta -  $\alpha$  od  $0^\circ$  do  $-90^\circ$ .

$$Z + \alpha = 90^\circ$$



Horizontalni i vertikalni limb su povezani konstrukcijom koja se zove „alhidada” – može se okretati oko svoje (alhidadine) ose.

Alhidada se oslanja na tri položajna zavrtnja pomoću kojih se horizontalni limb dovede u horizontalnu ravan.

Na alhidadi se nalazi cjevasta ili centrična libela.

Kada se mjehur libele nalazi u ispuščenom dijelu libele koji je označen crticama ili krugom - libela vrhuni - ravan na kojoj leži libela nalazi u horizontalnom položaju.

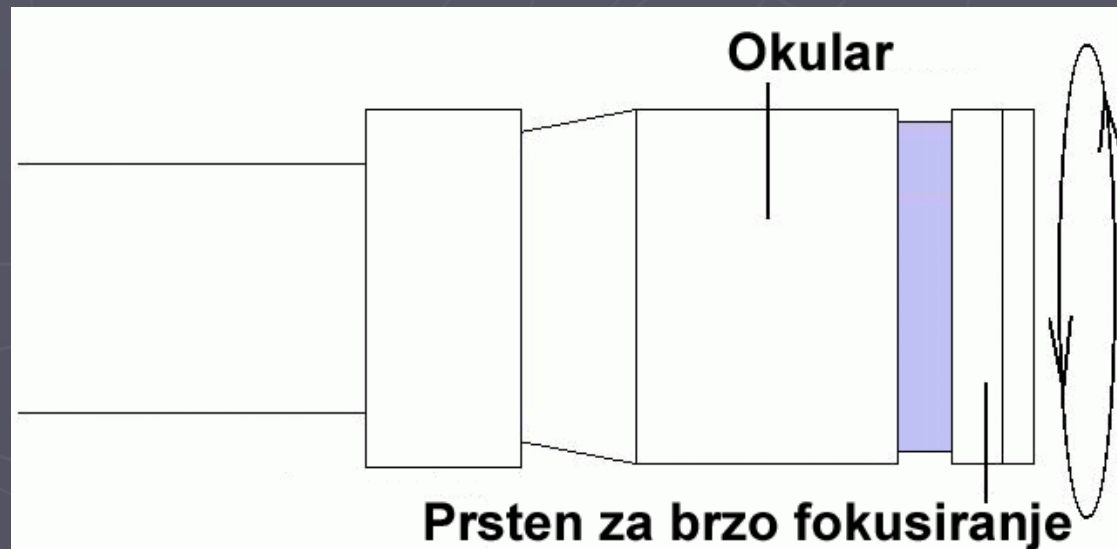
Preciznost libele je ugao za koji se nagne libela, a da se okom ne primjeti da se mjehur pomjerio.



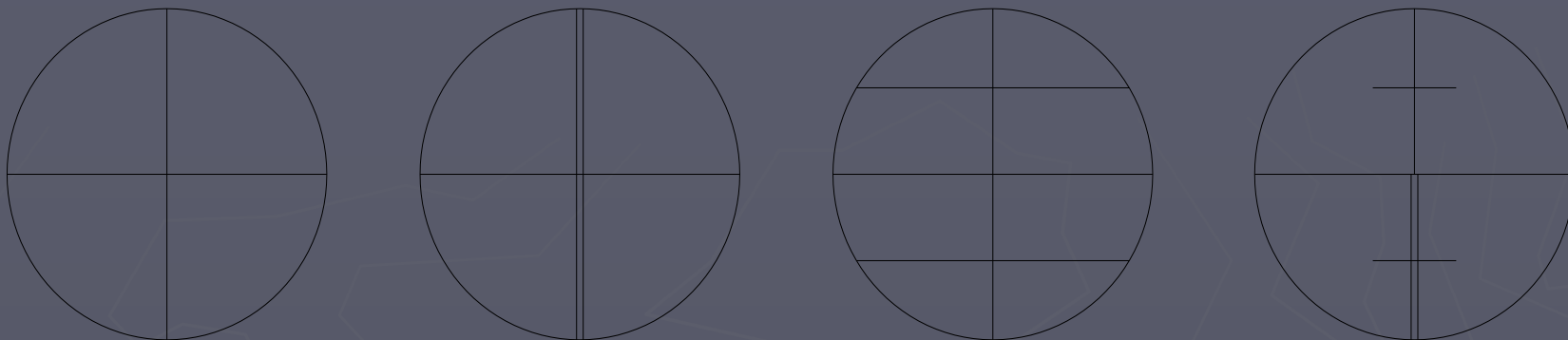
Kraci ugla se materijalizuju pomoću durbina koji je vezan za alhidadu. Sastavljen je od okulara, objektiva i sistema sočiva.

- Na gornjem i donjem dijelu durbina nalazi se nišan, koji se koriste za grubo viziranje pravaca.
- Durbina se može samostalno okretati u vertikalnoj ravni oko obrtne ose (obrtna osa durbina) na kojoj se nalazi centar vertikalnog limba.
- U horizontalnoj ravni zajedno sa alhidadom.
- Rotacije mu se mogu blokirati specijalnim zavrtnjem. Durbina se tada može precizno usmjeriti mikrometarskim zavrtnjevima za fino kretanje durbina (gore-dolje i lijevo-desno).

Pomoću zavrtnja koji se nalazi kod okulara vidno polje durbina se može izoštravati – jasan lik na bilo kom rastojanju se nalazio.



Centar okulara je materijalizovan kao presjek dvije crte koje su upravne i koje se zovu „končanice“.



Materijalizovani krak se zove „vizura“ - zrak koji spaja centar okulara, presjek vertikalne i horizontalne crte končanice i tačku na koju je usmjeren durbin.

Viziranje - postupak navođenja vizure, da pogaađa neku uočenu tačku ili predmet.

Kod mjerenja horizontalnih uglova nije važno da li se vizura nalazi u horizontalnoj ravni – projektuje se na nju.

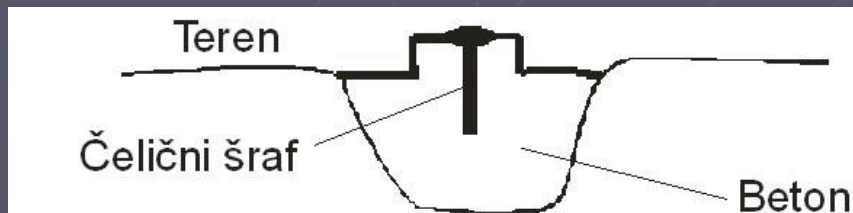
Vertikalni ugao potpuno zavisi od položaja vizure u vertikalnoj ravni.

Alhidada sa limbovima i durbinom se preko položajnih zavrtnjeva oslanja na glavu stativa koji ima oblik tronošca i koji izdiže instrumenat iznad zemlje na visinu sa koje se mogu vizirati okolne tačke.



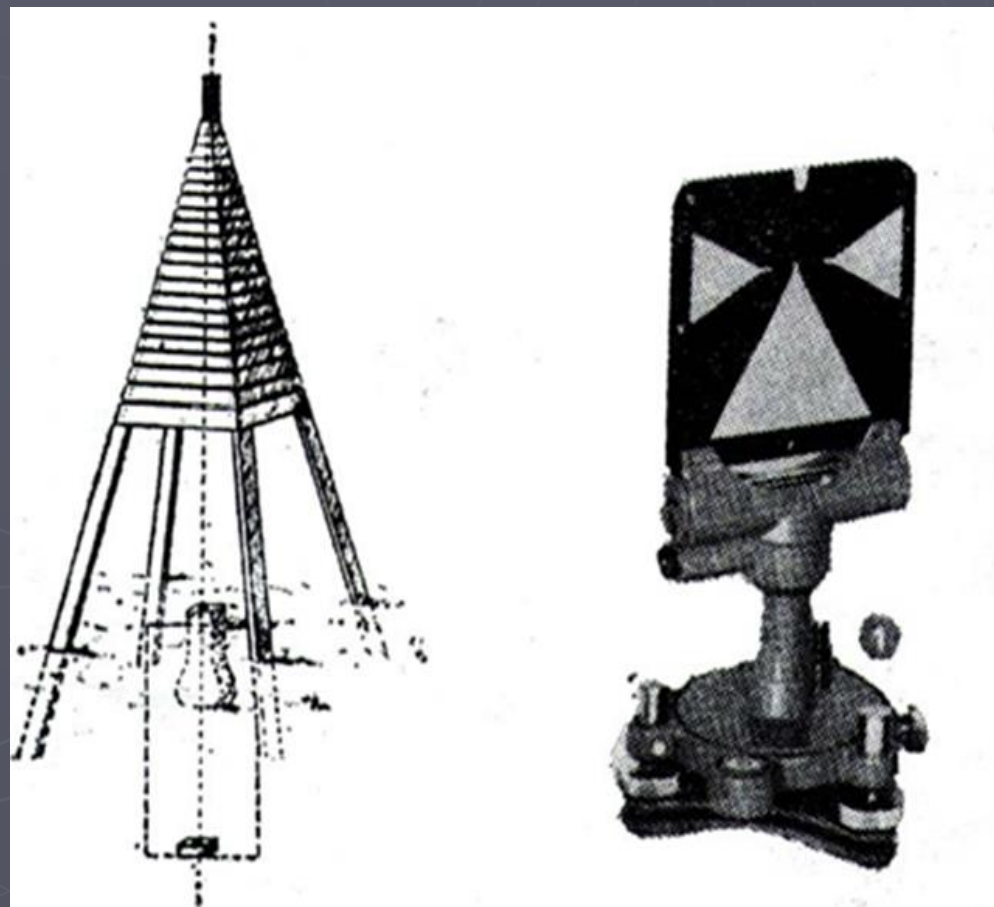
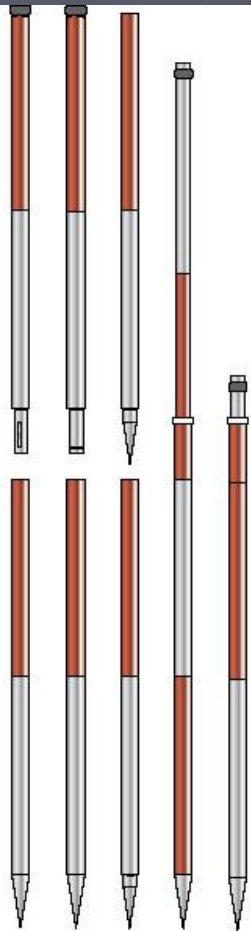


Tjeme ugla je na terenu materijalizovano nekom od stabilnih biljega - betonski stubić dimenzija 5x5x40cm, čelična bolcna ukucana u asfalt ili neka od biljega ugrađenih u beton sa jasno istaknutim centrom na koji se tjeme ugla odnosi.



Ako se vrši samo mjerenje horizontalnog ugla, onda se krak materijalizuje sa značkom (trasirkom). Za markiranje signala može služiti i piramida i markica – slika desno.

Metalni (ranije drveni) štap dužine do 2m sa naizmjenično obojenim poljima najčešće crveno bijele boje.



Geodetski instrumenti osim uglova imaju i mogućnost očitavanja dužina.

Konstruisane prizme koje se postavljaju na krajevima kraka ugla.

Stakleno tijelo, od kojega se odbija elektromagnetni talas.

Slika desno - "360 prizma".



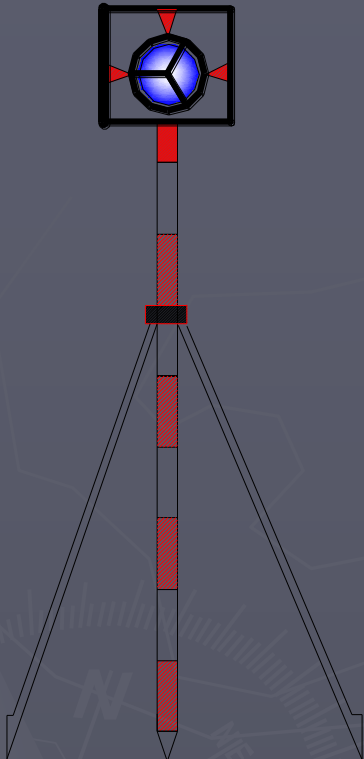
Prizma se nosi na nosaču prizme koji ima centričnu libelu sa kojom se nosač prizme (štap) dovodi u vertikalu.

Najčešće promjenjive dužine a na podjeli koja je ugravirana na njima vidi se tačna visina centra prizme iznad tačke na koju su postavljeni.





Za preciznija mjerenja nosač prizme se na tačkama postavlja i dovodi u vertikalnu pomoću metalnog dvonošca ili tronošca.



Za precizna mjerenja u geodeziji koriste se i takozvane mini prizme. Pogodne jer mogu imati malu visinu prizme – 0.1 m.

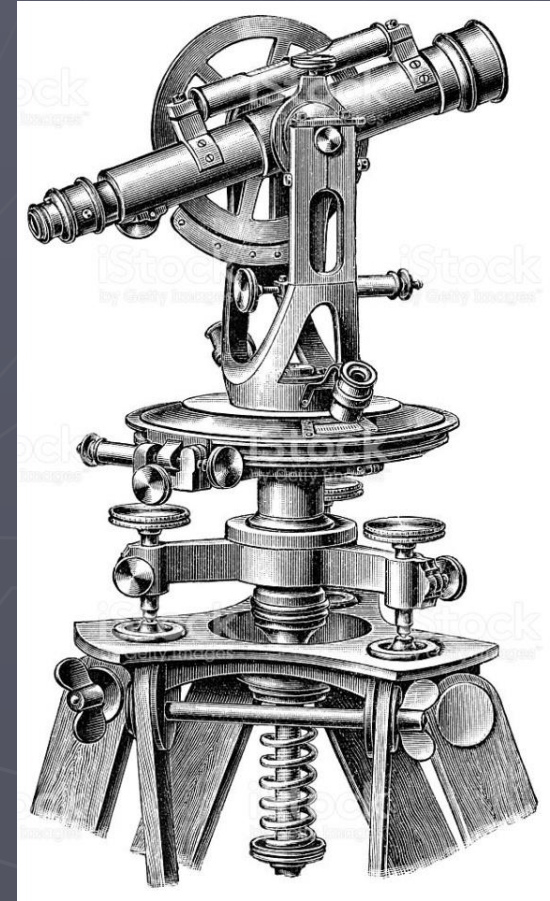


# Razvoj instrumenata za mjerenje uglova

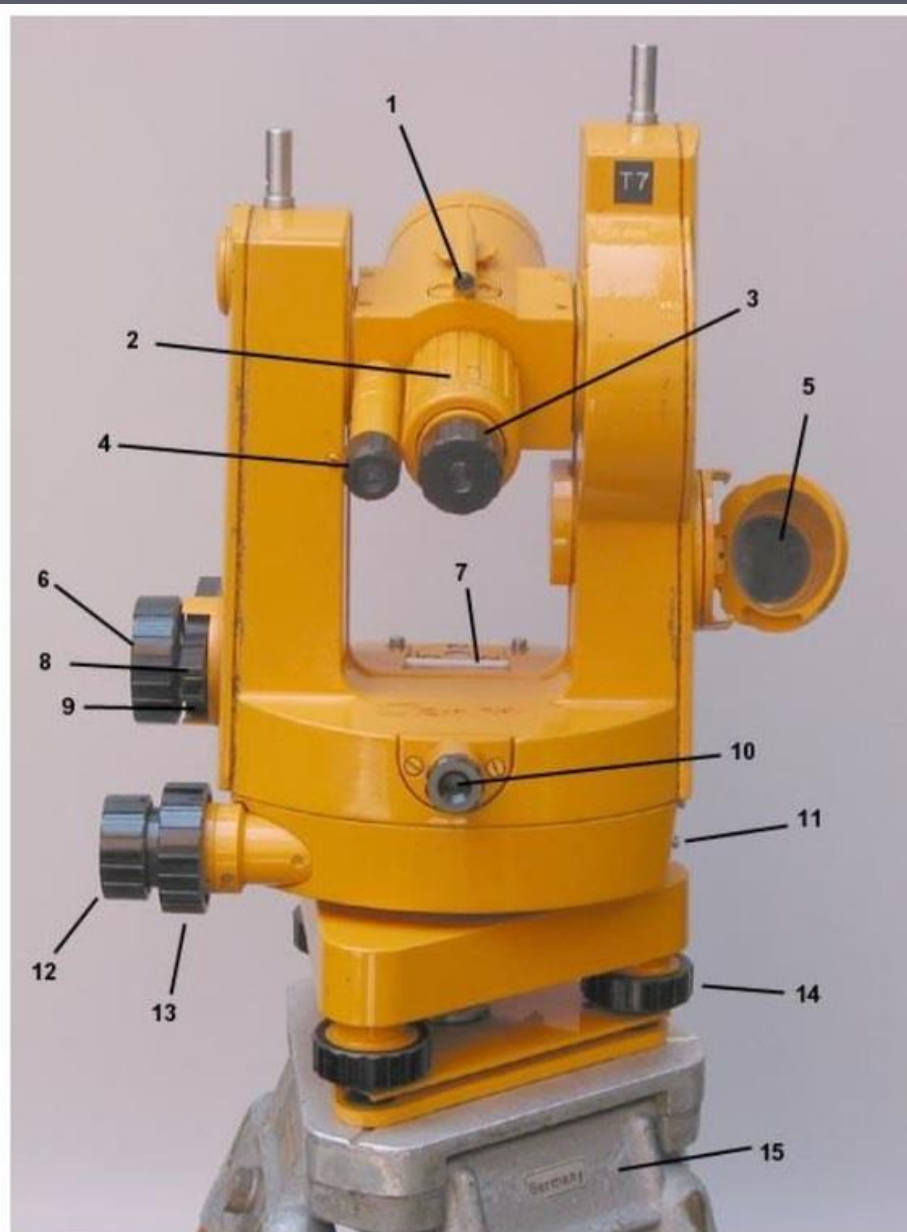
Teodolit je geodetski instrument za mjerenje vertikalnih i horizontalnih pravaca (uglova) i optičko (danas elektronsko) mjerenje dužina.

Prvi teodolit napravljen u Njemačkoj u XVI vijeku.

Prva generacija teodolita:



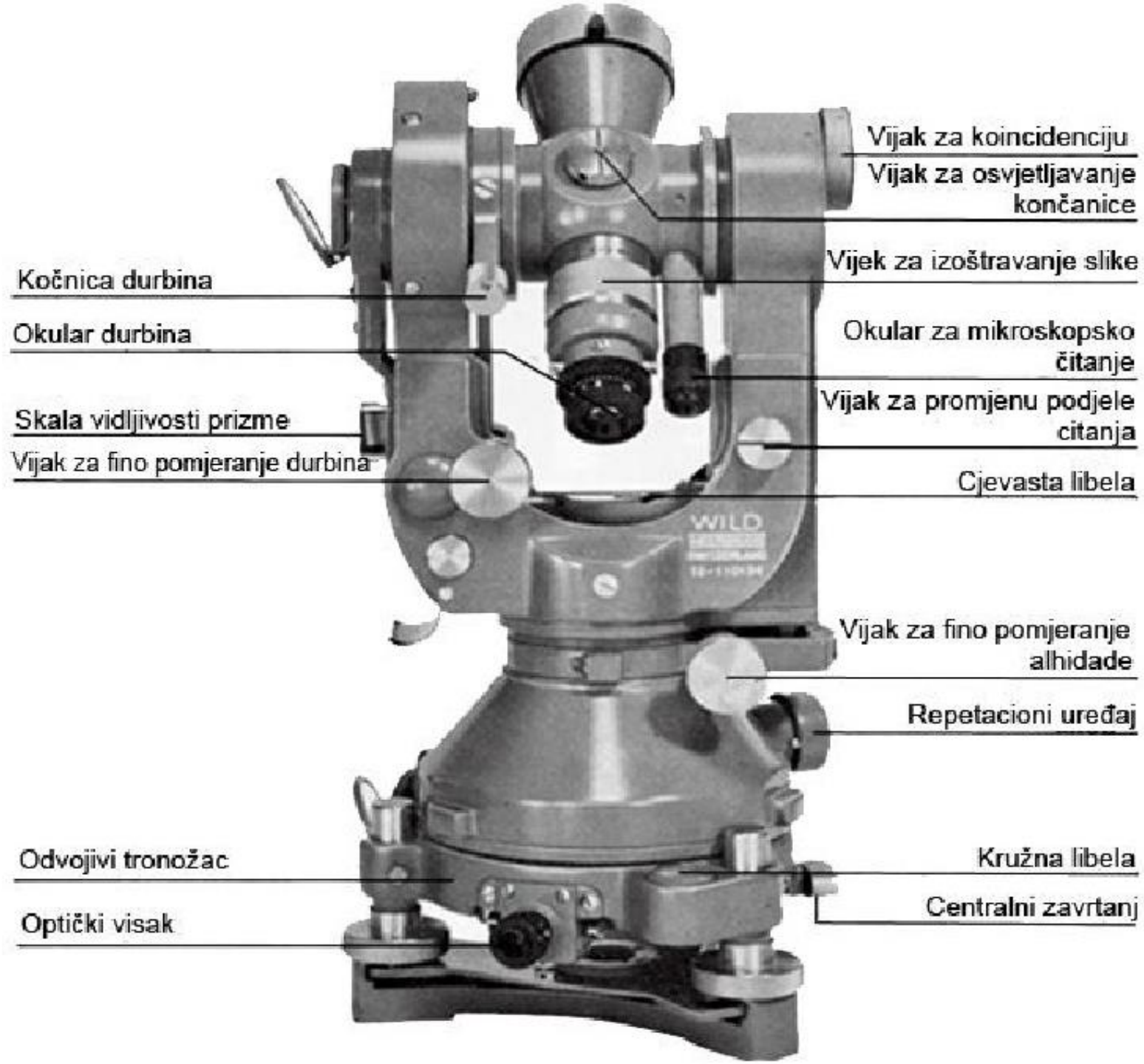
## Druga generacija teodolita:



1. optički nišan
2. vijak za fokusiranje
3. vijak za dioptriranje
4. mikroskop sa skalom
5. ogledalo za osvjetljenje vidnog polja
6. vijak za osvjetljenje očitavanja vertikalnog i horizontalnog kruga
7. cijevna libela
8. kočnica durbina
9. kočnica alhidade
10. optički visak
11. repeticijski uređaj
12. vijak za fini pomak alhidade ( $\leftrightarrow$ )
13. vijak za fini pomak durbina ( $\updownarrow$ )
14. podnožni vijak
15. glava stativa

THEO 020 A (Zeiss)





Totalna stanica - kompjuterizovana verzija elektronskog teodolita.

Elektronski daljinomjer - najveća prednost totalnih stanica.

Pomoću specijalizovanih softvera, totalne stanice imaju mogućnost digitalnog očitavanje ugla, dužine i visinske razlike.

Glavne karakteristike sistema TS:

- **Teodolit** (za mjerenje pravaca)
- **Daljinomer** (za mjerenje dužina)
- **Mikropocesor** (za obradu)

Podaci mjerenja se memorišu na magnetnom mediju i koriste za automatsko računanje koordinata karakterističnih tačaka objekata i terena.

Mogu se vidjeti na displeju.

Početakom 1990-ih počinju se razvijati motorizovane totalne stanice sa automatskim traženjem prizme i viziranjem.





Tačnost mjerenja teodolitom se ocjenjuje srednjom greškom pravca opažanog u dva položaja durbina.

Po njemačkom standardu DIN 18724 teodoliti se dijele po tačnosti na:

- Teodolite visoke tačnosti (greška pravca do 0,6");
- Teodolite veće tačnosti (greška pravca do 2");
- Teodolite srednje tačnosti (greška pravca do 6");
- Teodolite manje tačnosti ili jednostavni teodoliti (greška pravca do 25").

Najpoznatije fabrike za proizvodnju totalnih stanica - Leica, Trimble, Topcon, Sokkia, South, itd.



Priprema instrumenta za postupak mjerenja ugla.

Centrisanje instrumenta – dovođenje centra limba na vertikalnu koja prolazi kroz tjemenu ugla.

Pomoću: običnog viska, krutog viska, optičkog viska i laserskog viska.

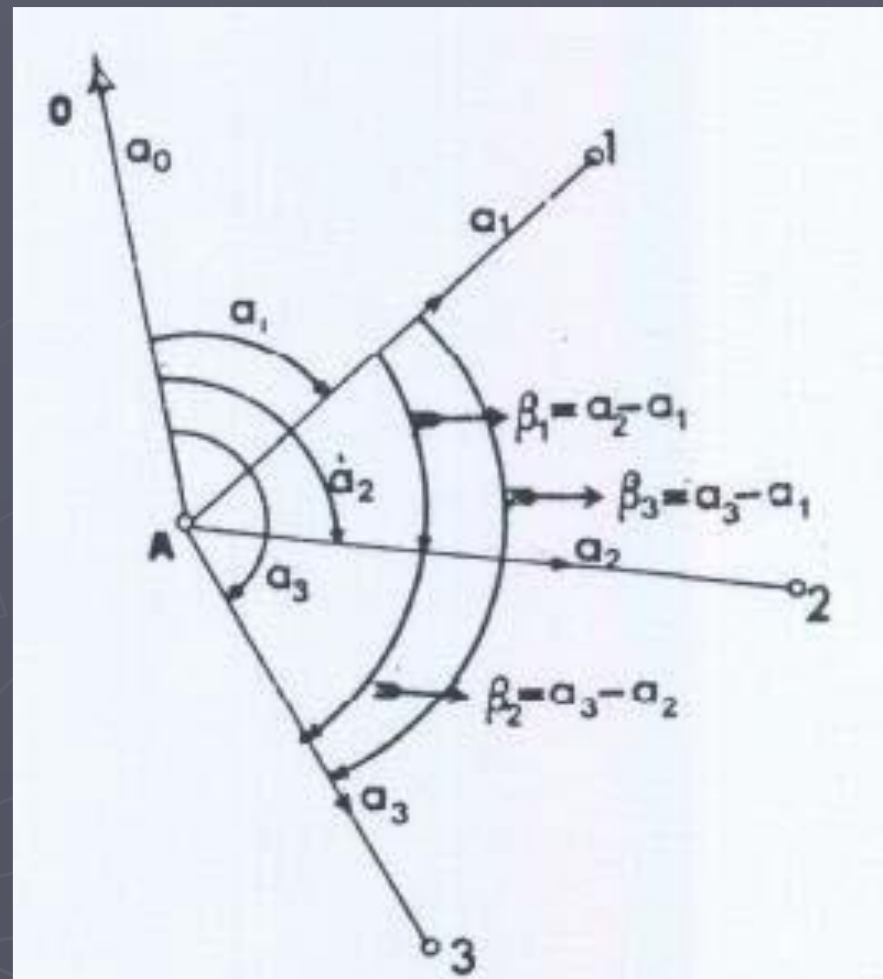


Iznad materijalizovanog tjemena ugla se postavi stativ, tako da glava stativa bude približno iznad tjemena ugla, zatim centrisanje pomoću nogara stativa i položenih zavrtnjeva.

# Metode mjerenja horizontalnih uglova

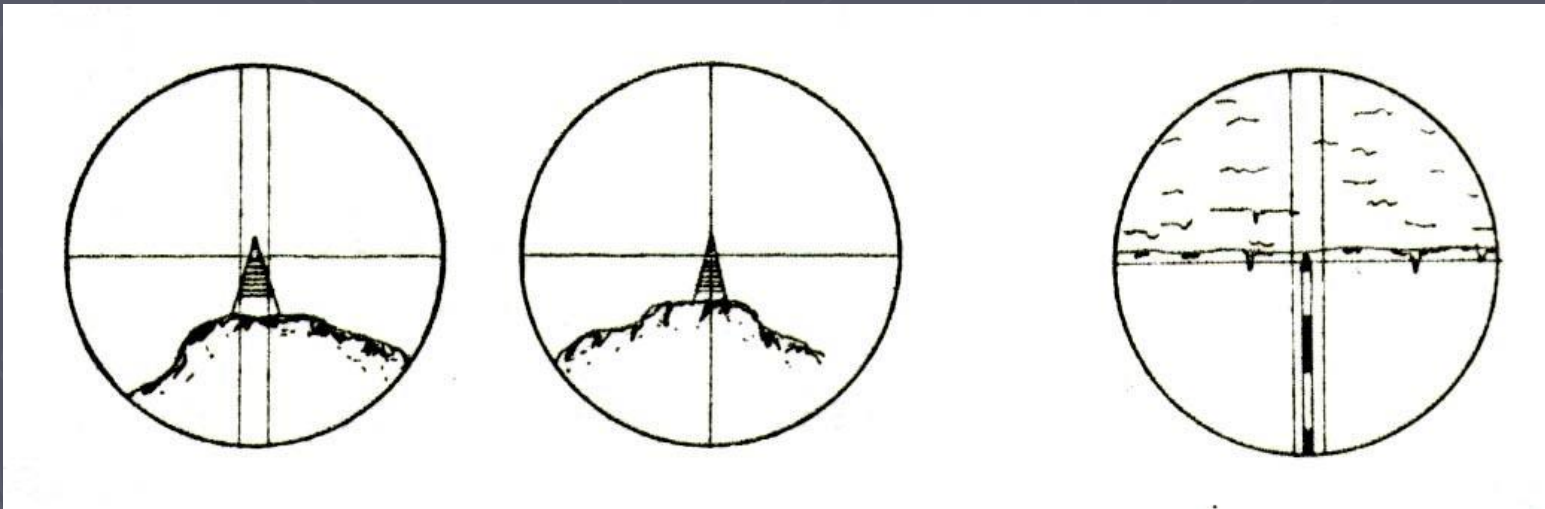
Prosta metoda - vizira se tačka 1 pa tačka 2 pa tačka 3 (u smjeru kazaljke na časovniku).  
Ugao se dobija iz razlike pravaca (desni minus lijevi).

Opažani pravac neke tačke predstavlja ugao, za koji je potrebno zaokrenuti durbin instrumenta od nule limba do pravca tačke, mjereno u smjeru kretanja kazaljke na časovniku.



## Postupak viziranja:

- Preko grubog nišana na instrumentu se durbin usmjeri prema signalu.
- Pomoću zavrtnja za poništavanje paralakse se dovede lik signala na daljinu jasnog viđenja - „izoštavanje“ lika signala.
- Mikrometrom za fino okretanje instrumenta se poklopi vertikalni konac končanice sa likom signala
- Očitavanje limba.





Girusna metoda - ugao se mjeri u dva položaja instrumenta, koji čine jedan girus.

U prvom položaju durbina, vertikalni limb se nalazi sa lijeve strane a u drugom položaju sa desne strane instrumenta.

Viziraju se ostale idući u smjeru kretanja kazaljke na časovniku a zatim od poslednje u suprotnom smjeru.

Definitivni uglovi se dobijaju kao razlike osrednjenih pravaca u dva položaja durbina.