

# INSTRUMENTE ȘI APARATE PENTRU MĂSURAREA UNGHIURILOR

Instrumentele cu ajutorul cărora se măsoară unghiurile orizontale și verticale poartă denumirea generală de „goniometre”, iar cele folosite în geodezie și topografie se numesc teodolite și tahimetre.

✚ **Teodolitul** este un aparat care se folosește numai la măsurarea valorilor unghiulare ale direcțiilor orizontale între două sau mai multe puncte din teren, precum și a înclinării unghiulare a acestor direcții cu precizie mare ( $2'' \dots 10''$ ) și foarte mare ( $0,2'' \dots 2''$ ).

Teodolitele sunt utilizate în lucrările de determinare a rețelilor geodezice de triangulație, de îndesire a acestor rețele, în trasarea pe teren a proiectelor și la urmărirea comportării construcțiilor, adică în cadrul ridicărilor geodezice și ale topografiei inginerești.

Principalele tipuri de teodolite utilizate în țara noastră: Zeiss Theo 010 și 010A; Wild T2, T3 și T4; Kern DKM 3; Elta-Zeiss seria E.

✚ **Tahimetrul** este un aparat care se folosește atât la măsurarea unghiurilor orizontale și verticale, dar cu o precizie mai mică ( $20'' \dots 1'$ ), cât și la măsurarea indirectă a distanțelor, pe cale optică. Tahimetrele fiind de o precizie mai mică sunt utilizate în cadrul lucrărilor topografice curente, în care, precizia pe care o asigură este suficientă.

Principalele tipuri de tahimetre, denumite uneori și teodolite-tahimetre, folosite în țara noastră au fost: Dahlta seria 010, 020; Zeiss Theo 030, 020; 020A; 020B; 080; 080A; Wild T 1A; Wild T16; MOM T-D2; Freiburger, Meopta, Sokkia, Salmoiraghi; Zeiss Eltaseria E; Rec Elta cu calculator și înregistrare internă a datelor măsurate pe teren.

După modul de citire al gradațiilor pe cercurile orizontale și verticale, teodolitele și tahimetrele se grupează în două categorii:

a. Teodolite de construcție clasică (de tip vechi), la care cercurile gradate sunt metalice, iar efectuarea citirilor se face cu ajutorul unor lupe sau microscopie fixate în vecinătatea cercurilor;

b. Teodolite moderne (de tip nou), la care cercurile gradate sunt din sticlă, acoperite etanș, iar efectuarea citirilor se face printr-un sistem optic, centralizat în câmpul unui singur microscop, fixat pe lunetă.

c. Teodolite cu înregistrare fotografică a gradațiilor unghiulare, din care, se exemplifică teodolitul Wild T3;

d. Teodolite-tahimetre, cu afișaj electronic, fără înregistrare internă a unghiurilor și distanțelor: tahimetrul de rutină Zeiss-Elta 50; tahimetrul de precizie Zeiss-Elta 3;

e. Teodolite-tahimetre, cu afișaj electronic și înregistrare automată internă a datelor, pe bandă magnetică, fiind denumite și stații totale de măsurare, din care se menționează următoarele tipuri realizate de firmele: Zeiss – Oberkochen, Leica, Sokkia, Trimble, Topcon și altele.



Cu toată diversitatea tipurilor constructive de teodolite și tahimetre, se consideră că schema generală de construcție și principalele părți componente sunt, în general, aceleași dar cu deosebiri esențiale în ceea ce privește tehnologia de realizare și caracteristicile constructive.

În acest sens, se menționează utilizarea tipurilor de teodolite, în lucrările de triangulație, cu puterea de mărire a lunetei de 40x-60x, iar în lucrările topografice a tipurilor de teodolite și tahimetre, cu puterea de mărire a lunetei de 25x-30x.

## 1.1. MIJLOACE DE MĂSURARE ȘI ACCESORII UTILIZATE ÎN TOPOGRAFIE

Având în vedere evoluția evident crescătoare a ofertelor firmelor producătoare de tehnologie de măsurare topografică și geodezică, clasificările și exemplele prezentate mai jos sunt departe de a fi exhaustive.





## ✚ Teodolite clasice




Firma constructoare	Karl Zeiss Jena (Germania)	Karl Zeiss Jena (Germania)	WILD (Elveția)	WILD (Elveția)
Tip aparat	THEO 020 / 020A / 020B	THEO 010 / 010A / 010B	Wild T2	Wild T3
Mărirea lunetei (M)	25-30	30	30	24, 30, 40
Distanța minimă de vizare (m)	1.5	1.5	1.7	4.6
Sensibilitatea nivelelor	30''	20''	30''	6.5''
Dispozitiv de citire / Valoare scală	Microscop cu scăriță / 1 <sup>c</sup>	Microscop cu coincidență / 2 <sup>cc</sup>	Micrometru optic cu coincidență / 2 <sup>cc</sup>	Micrometru optic cu coincidență / 1 <sup>cc</sup>
Abaterea standard a unei direcții (unghi) măsurată în cele două poziții ale lunetei	20 <sup>cc</sup>	10 <sup>cc</sup>	20 <sup>cc</sup>	2 - 5 <sup>cc</sup>
Foto				

## ✚ Instrumente de nivelment clasice




Firma constructoare	Karl Zeiss Jena (Germania)	Karl Zeiss Jena (Germania)	Karl Zeiss Jena (Germania)	Karl Zeiss Jena (Germania)
Tip aparat	Ni 030	Ni 050	Ni 025	Ni 007
Mărirea lunetei (M)	25	18	25	32
Distanța minimă de vizare (m)	1.5	0.9	1.5	2.2
Compensator	Nu	Da	Da	Da
Abaterea standard a diferenței de nivel / km dublu de nivelment	3mm	5mm	2.5mm	0.5 - 0.7mm
Foto				

## Statii totale





Firma constructoare		Leica Geosystems (Elvetia)	Leica Geosystems (Elvetia)	Leica Geosystems (Elvetia)	TOPCON (Japonia)
Tip aparat		TCR 407	TCR 805	TCR 1201	GTS - 701
Mărirea lunetei (M)		30	30	30	30
Distanța minimă de vizare (m)		1.7	1.7	1.7	1.3
Sensibilitatea nivelelor		10" / 30"	10" / 30"	10" / 30"	10" / 30"
Compensator		Dual axis	Dual axis	Dual axis	Dual axis
Dispozitiv de citire		Electronic	Electronic	Electronic	Electronic
Precizii	Unghi	20 <sup>cc</sup>	15 <sup>cc</sup>	3 <sup>cc</sup>	6 <sup>cc</sup>
	Distanță	+/- (2mm+2ppm)	+/- (2mm+2ppm)	+/- (1mm+1.5ppm)	+/- (2mm+2ppm)
Foto					




Firma constructoare		Carl Zeiss (Germania)	Trimble (U.S.A)	Sokkia (Japonia)
Tip aparat		RecElta 13C	Model 3605	Seria SET 2X
Mărirea lunetei (M)		30	30	30
Distanța minimă de vizare (m)		1.5	1.5	1.3
Sensibilitatea nivelelor		10" / 30"	-	-
Compensator		Da	Dual axis	Dual axis
Dispozitiv de citire		Electronic	Electronic	Electronic
Precizii	Unghi	5 <sup>cc</sup>	15 <sup>cc</sup>	6 <sup>cc</sup>
	Distanță	+/- (2mm+2ppm)	+/- (1mm+1ppm)	+/- (2mm+2ppm)
Foto				





### ✚ Instrumente de nivelment electronice și digitale




Firma constructoare	Leica Geosystems (Elveția)	Leica Geosystems (Elveția)	TOPCON (Japonia)
Tip aparat	SPRINTER	DNA 03	DL 101C
Mărirea lunetei (M)	24	24	32
Distanța minimă de vizare (m)	1.5	1.8	1.5
Compensator	Da	Da	Da
Abaterea standard a diferenței de nivel / km dublu de nivelment	1.5mm (cu mire codate) 2.5mm (cu mire normale)	0.3 - 0.4mm (cu mire de invar) 1mm (cu mire normale)	0.4mm (cu mire de invar) 1mm (cu mire normale)
Foto			




### ✚ Accesorii topografice




Accesorii	Mire			
Tip	Detaliu miră cu jalon topografic alături	Mire articulate (4m)	Mire telescopice, extensibile (4 sau 5m)	Miră cu cod de bare (telescopice, extensibile - 4 m)
Foto				





Accesorii	Mire		Rulete topografice
Tip	Miră cu bandă de invar (cod Leica – 2m)	Miră cu bandă de invar (TOPCON – 2m)	Rulete divizate milimetric (20, 30, 50m)
Foto			

Accesorii	Mire			
Tip	Miră clasică cu bandă de invar – 3m (cu nivelă sferică pentru verticalizare)	Detaliu miră cu bandă de invar (talpa mirei)	Detaliu miră clasică cu bandă de invar	
Foto				

Accesorii	Trepiede		
	Trepied standard (telescopic)		Mini – trepied metalic
Tip	Trepied de lemn	Trepied metalic	
Foto			

Accesorii	Baston cu prisme reflectorizante	Prisme reflectorizante	
Tip	Baston cu mini – prisme (Leica)	Prisme circulare și mini – prismă (Leica)	Suport și mini – prisme (TOPCON)
Foto			

Accesorii	Jaloane topografice		
Tip	Jaloane de lemn sau metalice	Mini – jaloane metalice (articulate din segmente de 0,30m)	
Foto			

Accesorii	Borne		Tăruși	
Tip	Bornă de tip FENO	Bornă de beton	Țăruș de lemn	Țăruși metalici (cuie topografice)
Foto				

## SCHEMA DE CONSTRUCȚIE ȘI PĂRȚILE COMPONENTE ALE UNUI TEODOLIT DE TIP CLASIC

Teodolitele și tahimetrele de tip clasic sunt prevăzute cu cercuri gradate din metal și dispozitive de citire a unghiurilor cu vernier, microscop cu tambur și altele, iar cele moderne sunt prevăzute cu cercuri gradate din cristal și dispozitive de citire a unghiurilor formate din microscop cu reper, cu scăriță și altele. În schema de construcție a unui teodolit-tahimetru de tip clasic, se includ următoarele părți componente principale și auxiliare, care sunt redată în secțiunea schematică din *Fig. 2.1.*

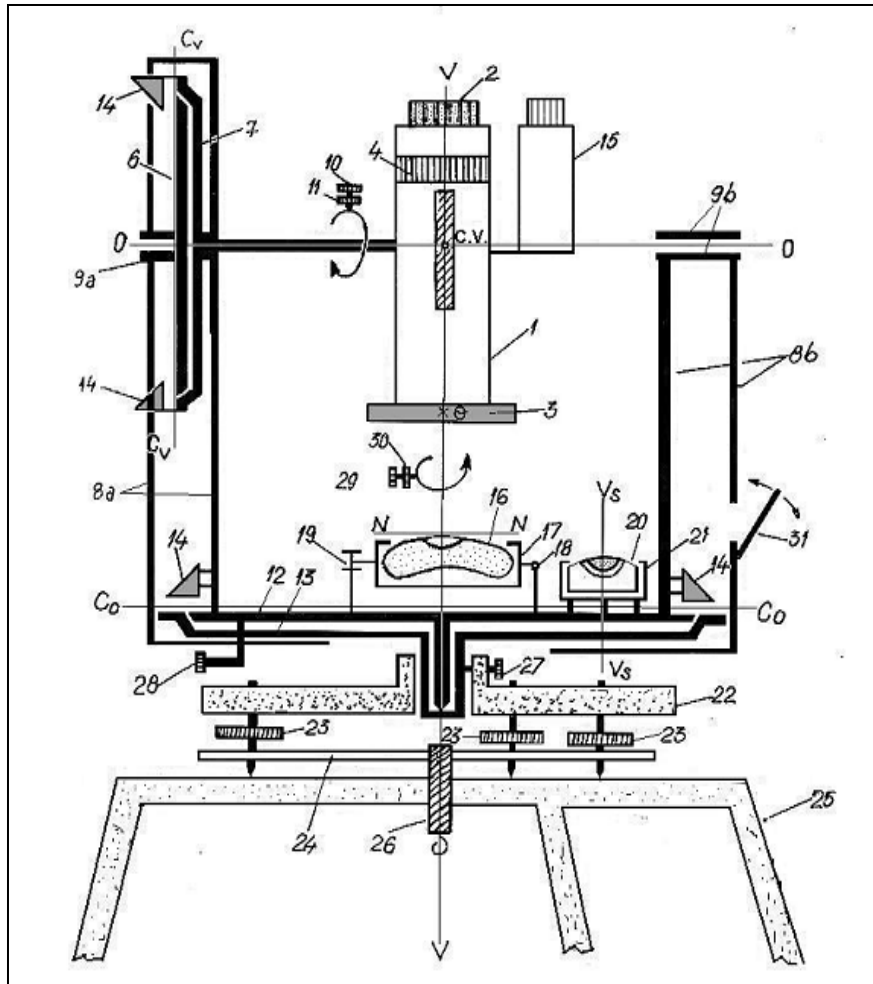


Fig.2.1. Secțiune schematică a unui teodolit de tip clasic

Părțile componente sunt:

1. **luneta teodolitică** - este un dispozitiv optic care servește la vizarea de la distanță a semnalelor topografice asigurând mărirea și apropierea obiectelor vizate;
  2. ocularul lunetei;
  3. obiectivul lunetei;
  4. manșonul (șurubul) de focusare a imaginii;
  5. colimatorul;
  - 6, 7. cercul vertical;
  6. **alidada verticală** - este un disc metalic, concentric cu eclimetrul prevăzut cu două deschideri diametral opuse pe care s-au gradat vernierele de citire a unghiurilor verticale;
  7. **limbul vertical sau cercul vertical** - se realizează din același material și este gradat în același sistem sexagesimal sau centezimal ca și limbul. Pentru măsurarea unghiurilor verticale, eclimetrul trebuie să se rotească solidar cu luneta în plan vertical iar linia indicilor de citire trebuie să fie în planul orizontal ( $h - h'$ ). Aducerea indicilor de citire 0-0 în plan orizontal, se realizează prin calarea nivelei zenitale (16) cu ajutorul șurubului de fină calare.
- Citirea unghiurilor pe eclimetrul (7) se face cu ajutorul a două verniere gradate pe cercul alidada verticală (6), prin intermediul a două lupe sau microscopice.;



8. **furci de susținere a lunetei** - sunt două piese metalice, fixate cu un capăt pe alidadă, cu care face corp comun, iar pe capătul superior se sprijină dispozitivul de susținere al axei de rotație a lunetei. Pe una din furci se află șurubul de blocare a mișcării lunetei (11) și cel de mișcare fină, iar pe cealaltă furcă se găsește fixată o nivelă torică numită nivelă zenitală (16), cu ajutorul căreia se orizontalizează indicii zero de pe cercul vertical (eclimetricu).;

9. lagărele furcilor;

10. șurub de mișcare fină;

11. șurub de blocare;

12,13. cercul orizontal

12. **cercul alidadă** - este un disc metalic, concentric cu limbul, fiind susținut de axul plin ce intră în axul tubular al limbului. Discul alidadei are la extremitatea lui două deschideri diametral opuse unde sunt fixate vernierele sau alte tipuri de citire, a căror estimare se poate face cu ajutorul unor lupe sau microscopice (10). Mișcarea alidadei în plan orizontal se poate bloca prin intermediul șurubului de blocare al mișcării înregistratoare (11);

13. **limbul orizontal** - este un disc metalic al cărui perimetru este argintat și divizat în grade sexagesimale sau centezimale. La teodolitele moderne este format dintr-un cerc inelar de sticlă, cu diametrul variind între 50 și 250 mm, fixat pe un suport metalic. Pe limb se citesc valorile unghiulare ale direcțiilor orizontale din fiecare punct de stație. Mișcarea limbului poate fi blocată cu șurubul de blocare a mișcării generale prin intermediul axului metalic vertical cu care face corp comun.

14. prisme;

15. dispozitiv de citire a unghiurilor;

16, 17. **nivelă torică** - servește la verticalizarea aparatului. Ea este formată dintr-o fiolă de sticlă în forma de tor, închisă ermetic și umplută incomplet cu alcool.

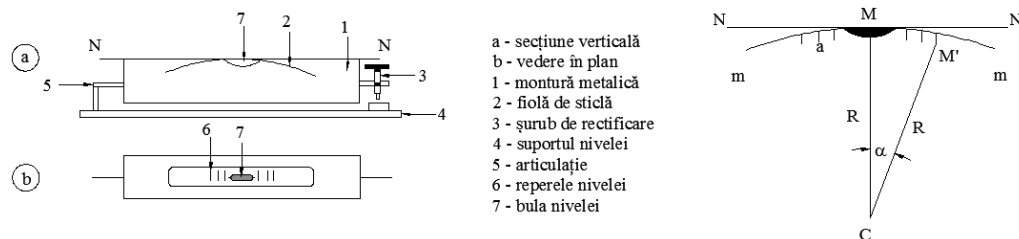


Fig.2.2. Nivelă torică

16. fiola de sticlă a nivelei torice;

17. carcasa metalică de protecție a nivelei torice;

18. articulația nivelei torice;

19. șuruburi de rectificare a nivelei torice;

20. **nivela sferică** - servește la orizontalizarea aparatului. este alcătuită dintr-o fiolă în formă de cilindru, închisă la partea superioară printr-o calotă sferică, pe care se găsesc gradate 1...2 cercuri concentrice. În fiola umplută cu lichid volatil, se formează o bulă circulară care este protejată de o carcasă metalică, fiind fixată pe alidada ce servește la orizontalizarea aproximativă a teodolitului la așezarea în punctului de stație;

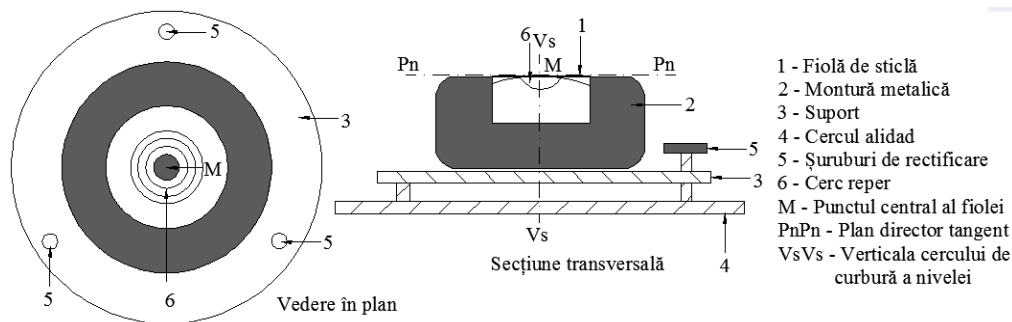


Fig.2.3. Nivelă sferică

- 21. carcasă metalică de protecție a nivelei sferice;
- 22,23,24. **ambaza** - este o prismă triunghiulară care se sprijină pe 3 șuruburi de calare (23) având rolul de susținere a aparatului și de fixare a acestuia pe măsura trepidului prin șurubul pompă (26).
- 22. partea superioară a ambazei;
- 23. șuruburi de calare;
- 24. placă de tensiune;
- 25. trepidul;
- 26. șurub de prindere a teodolitului de trepid;
- 27. șurub de prindere a teodolitului de ambaza;
- 28. clemă repetitoare;
- 29. șurub de mișcare fină a suprastructurii;
- 30. șurub de blocare a mișcării alidadei;
- 31. oglinda.

## 2.1. AXELE ȘI MIȘCĂRILE UNUI TEODOLIT DE TIP CLASIC

În schema de principiu a unui teodolit se disting următoarele trei axe constructive (Fig.2.4).

**a. Axa principală sau verticală (VV')**, este axa ce trece prin centrul limbului, fiind perpendiculară pe acesta  $VV' \perp aa'$ . În jurul axei VV', aparatul se rotește în plan orizontal (rotația  $r_1$ ). În timpul măsurătorilor, axa VV' trebuie să fie verticală, confundându-se cu verticala punctului topografic de stație.

**b. Axa secundară sau orizontală (OO')**, este axa ce trece prin centrul eclimetrului, fiind perpendiculară pe aceasta  $OO' \perp ee'$ . În jurul axei orizontale OO', se rotește luneta împreună cu eclimetrul în plan vertical (rotația  $r_2$ ).

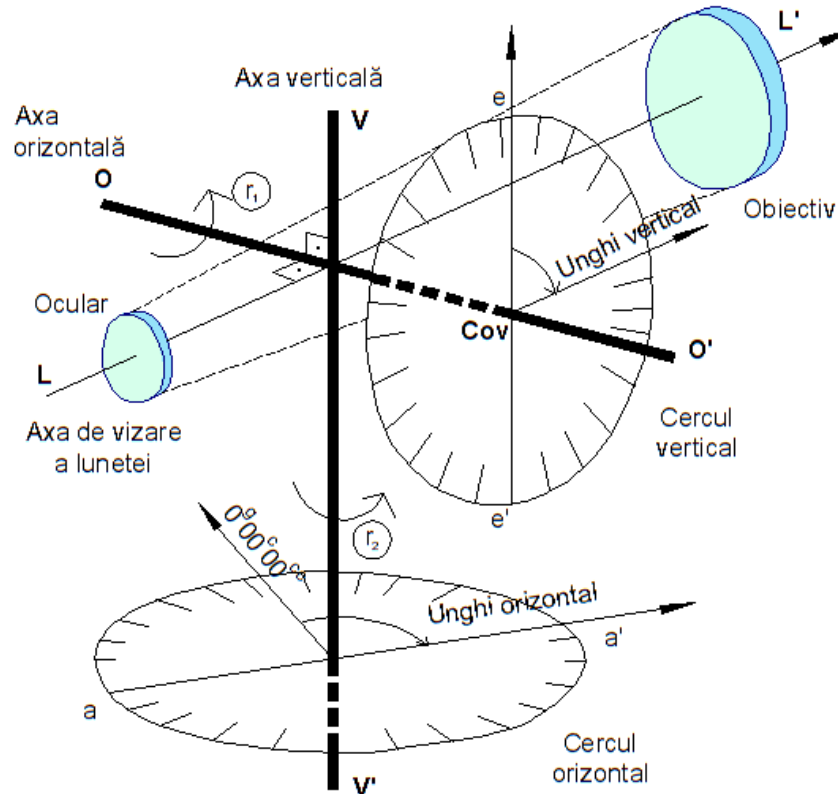


Fig.2.4. Axele și mișcările unui teodolit de tip clasic

c. **Axa de vizare a lunetei (LL')**, este axa ce trece prin centrul optic al obiectivului ( $C_{ov}$ ) și intersecția firelor reticulare, care permite vizarea riguroasă a punctelor matematice ale semnalelor topografice.

Pe lângă cele 3 axe constructive, fiecare nivelă torică sau sferică a teodolitului dispune de o axă sau directrice (DD'), care prin operația de calare a nivelei va fi adusă într-o poziție orizontală. Condițiile care trebuie îndeplinite de către cele trei axe sunt următoarele:

- axa principală să fie perpendiculară pe axa secundară  $VV' \perp OO'$ , pentru ca luneta să se rotească în plan vertical;
- axa de vizare să fie perpendiculară pe axa secundară  $LL' \perp OO'$  care asigură rotația în plan vertical a lunetei;
- cele trei axe trebuie să se întâlnească într-un singur punct numit punctul matematic al aparatului.

**Teodolitul dispune de mișcări, în plan orizontal și vertical:**

a) **Mișcarea în plan orizontal** (rotația  $r_1$ ) este mișcarea aparatului în jurul axei principale  $VV'$  unde distingem:

- mișcarea generală, când limbul se rotește împreună cu alidada, fiind acționat de un șurub macrometric (30) și un șurub de mișcare fină – micrometric;
- mișcarea înregistratoare, când limbul este fix și se mișcă doar alidada cu dispozitivul de citire, fiind acționat de un șurub macrometric (11) și un șurub micrometric.

b) **Mișcarea în plan vertical** (rotația  $r_2$ ), când se mișcă doar luneta împreună cu eclimetrul, în jurul axei secundare ( $OO'$ ), fiind acționată de un șurub de blocare (14) și un șurub de mișcare fină (Fig 2.4).

## 2.2. ANEXE ALE TEODOLITELOR CLASICE ȘI MODERNE

Pe lângă părțile componente prezentate anterior, teodolitele, mai dispun de următoarele piese auxiliare:

a) **Trepiedul** constituie stativul aparatului în punctul de stație fiind compus din trei picioare de susținere confecționate din lemn, prevăzute cu saboți de metal pentru înfigerea în sol, având lungimea fixă la tipurile mai vechi și culisabilă la cele noi. La partea superioară a celor trei picioare se găsește măsura trepiedului, pe care se fixează aparatul cu ajutorul șurubului pompă.

b) **Firul cu plumb** constă dintr-o greutate de formă conică suspendată de un fir, care se atârână sub șurubul pompă, servind la centrarea aparatului în punctul de stație, marcat prin țărșuși sau borne.

La unele aparate firul cu plumb a fost înlocuit de o piesă numită baston de centrare, care este compus din două tuburi metalice ce culisează unul față de celălalt. Tubul interior se prinde la șurubul pompă, iar cel exterior se prelungește până la țărșuș sau bornă, iar verticalizarea se face cu o nivelă sferică.

Teodolitele moderne de precizie sunt prevăzute cu un sistem de centrare optică, compus dintr-o prismă triunghiulară, o placă pe care este gravat un cerculeț și un ocular. Razele ce trec prin lunetă sunt reflectate de prisma sub un unghi de  $100^{\circ}$ . Sistemul lunetă – ocular este fixat sub ambază, fiind paralelă cu limbul, iar prisma ce reflectă razele de lumină trebuie să corespundă cu axa principală-verticală a teodolitului VV'. În acest moment cerculețul se proiectează pe cuiul țărșușului sau pe reperul bornei.

c) **Busola** indică direcția Nm și dă posibilitatea măsurării pe teren a orientărilor magnetice a direcțiilor vizate.

În funcție de orientarea magnetică se poate calcula orientarea geografică, dacă se cunoaște unghiul de declinație magnetică.

În cazul teodolitelor moderne, busola a fost înlocuită cu un declinator, ce se compune dintr-un ac magnetic așezat într-un tub sau într-o cutie dreptunghiulară. Declinatorul și luneta sunt orientate pe direcția  $N_m$  atunci când capetele acului vin în coincidență.

### 2.3. PUNEREA ÎN STAȚIE A TEODOLITULUI

În vederea efectuării măsurătorilor unghiulare și liniare, teodolitul trebuie să fie așezat în punctul topografic de stație, marcat la sol printr-un țărșuș sau printr-o bornă, care din punct de vedere practic cuprinde următoarele operațiuni:

#### **a. Instalarea teodolitului pe punctul de stație:**

- la o înălțime corespunzătoare înălțimii operatorului se fixează trepiedul deasupra reperului de la sol (Fig. 2.5.a.);

- cu ajutorul șurubului pompă se fixează instrumentul de măsura trepiedului (Fig. 2.5.b.).

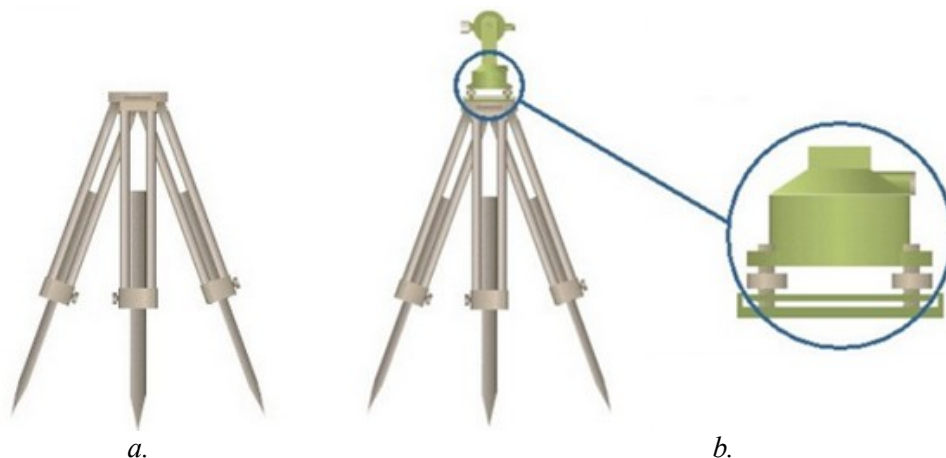


Fig. 2.5. Instalarea teodolitului pe reperul de la sol

#### **b. Centrarea teodolitului pe punctul de stație:**

- operatorul orizontalizează aproximativ instrumentul;

- picioarele trepiedului se fixează în pământ apăsând pe saboți, verificându-se stabilitatea acestuia și modul de strângere a șuruburilor trepiedului;
- uitându-se prin ocularul dispozitivului de centrare operatorul fixează centrul intersecției firelor reticulare pe reperul de la sol mișcând în lateral de picioarele trepiedului (Fig. 2.6).

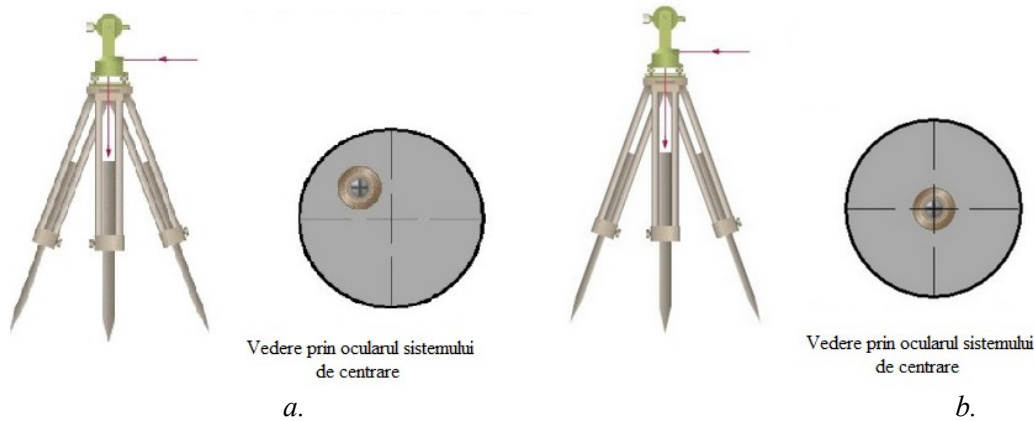


Fig. 2.6. Centrarea teodolitului

**c. Calarea teodolitului pe punctul de stație** cuprinde următoarele etape:

- **Calarea aproximativă** se realizează cu ajutorul nivelei sferice (Fig. 2.7.) pe baza următoarelor operațiuni:

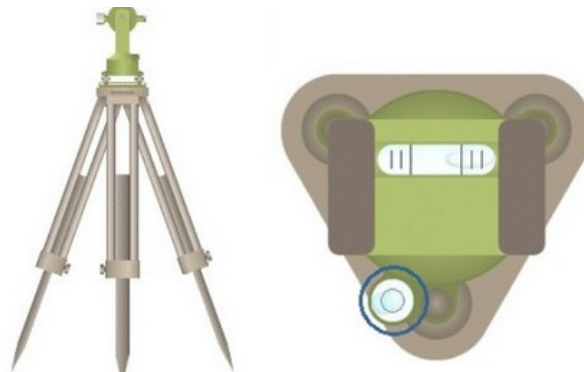


Fig. 2.7. Vedere plană a nivelei sferice

- operatorul alege un picior "fix" al trepiedului, care nu o să fie utilizat în etapa de calare aproximativă;
- instrumentul se rotește până când nivela sferică se află în prelungirea piciorului trepiedului, apoi desfăcându-se șurubul piciorului trepiedului și mișcând-ul pe verticală, fără a-l ridica de pe sol, până când bula nivelei sferice ajunge în cercul reper (Fig. 2.8.);
- operația anterioară se repetă și pe celălalt picior al trepiedului (neconsiderat "fix");

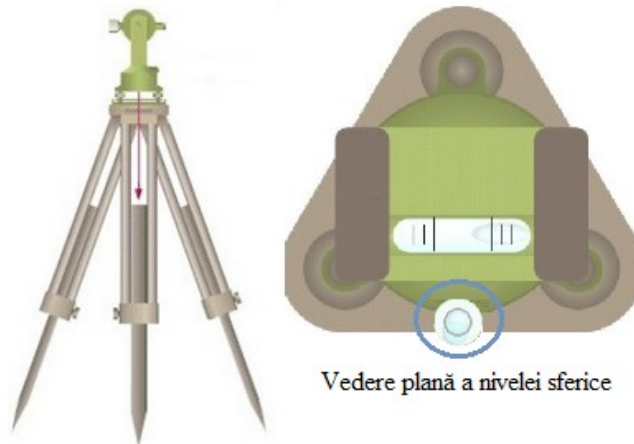


Fig. 2.8. Etapă a calării aproximativă a teodolitului

Dacă instrumentul este perfect calat atunci bula nivelei sferice se va afla în centrul cercului reper (Fig. 2.9.), în orice poziție de rotire în plan a teodolitului, în caz contrar se repetă de două – trei ori cele trei operații prezentate anterior la calarea aproximativă.



Fig. 2.9. Calarea aproximativă a teodolitului

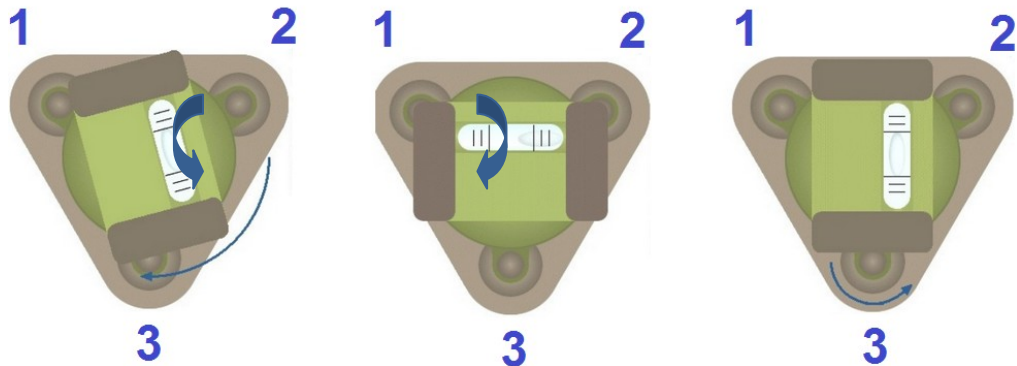
➤ **Calarea definitivă** se realizează cu ajutorul nivelei torice (Fig. 2.10.a.) astfel:

- se rotește instrumentul până când nivela torică este adusă în poziția I, paralelă cu direcția dată de șuruburile de calare 1 și 2 (Fig. 2.10.b.);
- cele două șuruburi de calare, 1 și 2, se rotesc simultan și în sens invers până când bula nivelei torice este adusă între cele două repere (Fig. 2.10.c.);
- se rotește alidada în jurul axei verticale cu circa  $100^\circ$ , aducând astfel nivela torică în poziția a II-a (perpendiculară pe poziția I), apoi se rotește numai de șurubul de calare 3 aducându-se din nou bula nivelei torice între repere (Fig. 2.10.d.).



Vedere plană a nivelei sferice și a nivelei torice

a.



b.

c.

d.

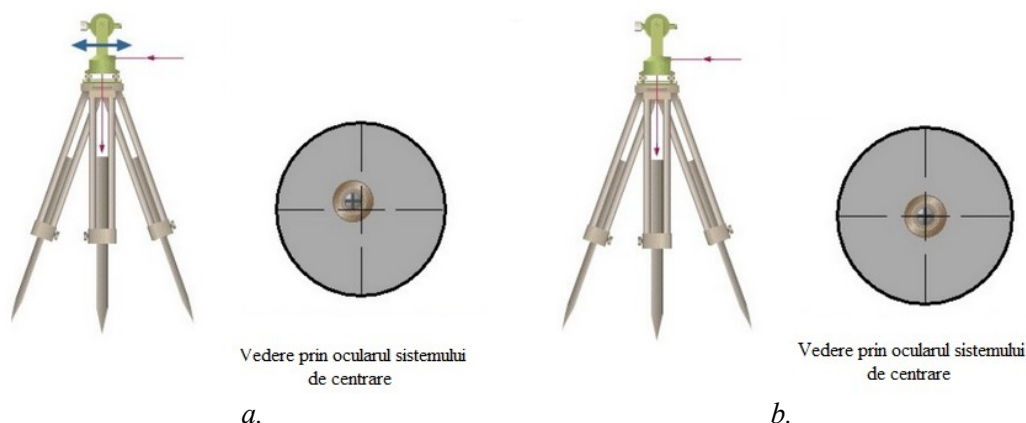
Fig. 2.10. Etapele calării fine a teodolitolui

Dacă instrumentul este perfect calat atunci bula nivelei torice se va afla între repere în orice poziție de rotire în plan a teodolitolui (Fig. 2.11), în caz contrar se repetă de două – trei ori cele trei operații prezentate anterior la calarea fină (Fig. 2.10.b., c. și d).



Fig. 2.11. Calarea definitivă a teodolitolui

Calarea fină influențează centrarea teodolitolui pe punctul de stație, iar perfecționarea centrării se face prin slăbirea șurubului pompă și deplasarea teodolitolui pe platforma trepidului (Fig. 2.12.a.) până când intersecția firelor reticulare vizibilă prin ocularul sistemului de centrare este poziționată pe reperul de la sol (Fig. 2.12.b.), după care se strânge din nou șurubul pompă, repetându-se operațiile calării fine.



*Fig.2.12. Recentrarea teodolitului*

## 2.4. DISPOZITIVE DE CITIRE A UNGHIURILOR

Cercul gradate ale teodolitului sunt divizate până la unități de grade sau zeci de minute. Pentru mărirea preciziei de citire a unghiurilor au fost realizate dispozitive de citire care asigură estimarea precisă a unei fracțiuni din cea mai mică diviziune de pe cercul gradat, până la nivel de minute și secunde.

După principiul de construcție a dispozitivelor de citire distingem:

- ⊕ Dispozitive mecanice: vernierul circular;
- ⊕ Dispozitive optice: microscop cu reper; microscop cu scăriță; microscop cu coincidență; microscop cu înregistrare fotografică;
- ⊕ Dispozitive electronice: microscop cu înregistrare internă;

Dispozitivul de citire se compune din partea optică de observare, care poate fi lupă sau microscop și dispozitivul propriu-zis, care poate fi vernier sau scăriță. Înainte de efectuarea citirilor pe cercurile gradate, trebuie să se determine următoarele elemente:

- ⊞ modul de gradație a cercului (sexagesimală sau centezimală);
- ⊞ sensul de înscriere a gradelor (de la stânga la dreapta sau de la dreapta la stânga);
- ⊞ valoarea celei mai mici diviziuni de pe cercul gradat ( $D$ );
- ⊞ precizia de citire, care se obține cu relația:

$$p = \frac{D}{n} = \frac{\text{diviziunea cea mai mică de pe cerc}}{\text{numărul diviziunilor de pe dispozitivul de citire}} \quad (2.1)$$

- ⊞ citirea pe cercul gradat:

$$C = P_I + P_{II} \quad (2.2)$$

unde:

$P_I$  - citirea directă pe cerc, reprezintă gradele și fracțiunile întregi de grade citite pe cerc, față de indicele zero al dispozitivului de citire;

$P_{II}$  - citirea prin estimare reprezintă fracțiunea din cea mai mică diviziune de pe cerc estimată cu ajutorul dispozitivului de citire.

**a) Microscopul cu reper** este un dispozitiv optic al teodolitelor de precizie mică din seria Zeiss Theo 120, Theo 080 și Theo 080 A. Pe o placă de sticlă fixată în câmpul microscopului s-a gravat un reper  $r$ , a cărui imagine se suprapune peste imaginile diviziunilor cercurilor gradate: limb (Hz) și eclimetru (V), ce apar concomitent în câmpul microscopului montat pe furca aparatului (*Fig 2.13.*).



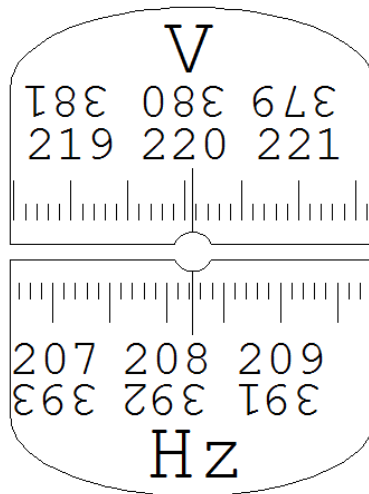


Fig.2.13. Microscopul cu reper

Pentru executarea citirilor se identifică următoarele elemente:

- sistemul de gradație;
- sensul de înscriere a gradelor;
- cea mai mică diviziune de pe cerc;
- precizia de citire pe cercul gradat :

$$p = \frac{D}{n} = \frac{1^g}{10 \text{ div}} = \frac{100^c}{10} = 10^c \quad (2.3)$$

Citirea pe cercul orizontal sau limb (Hz):

- se citesc gradele din stânga reperului: 208<sup>g</sup>;
- se numără diviziunile întregi până la reper (2 diviziuni), care se înmulțesc cu 10<sup>c</sup>;
- se determină prima parte a citirii:

$$P_I = 208^g 20^c 00^{cc} \quad (2.4)$$

- se determină partea a doua a citirii, prin estimarea cu ochiul liber a fracțiunii de diviziune până la reper:

$$P_{II} = 2^c 00^{cc} \quad (2.5)$$

- se calculează citirea totală:

$$C = P_I + P_{II} = 208^g 22^c 00^{cc} \quad (2.6)$$

Citirea pe cercul vertical sau eclimetrul (V) se face în mod asemănător, obținându-se:

$$C = P_I + P_{II} = 220^g 09^c 00^{cc} \quad (2.7)$$

**b) Microscopul cu scăriță** utilizat în cazul teodolitelor-tahimetre Zeiss Theo 030; Theo 020; Theo 020A și Wild T6, se bazează pe următorul principiu constructiv:

pe o placă de sticlă, fixată în câmpul microscopului sunt dispuse două scărițe divizate fiecare în 100 părți egale pentru sistemul centesimal și 60 diviziuni pentru sistemul sexagesimal, a căror imagine apare în

mod independent în două ferestre corespunzătoare celor două cercuri gradate: limb (Hz) și eclimetru (V) (Fig.2.14).

Din punct de vedere practic are loc o suprapunere a imaginilor scărițelor, care rămân fixe, cu imaginile diviziunilor limbului (Hz) și eclimetrului (V) care se schimbă. Prin construcție, imaginile scăriței se proiectează exact peste o diviziune de pe cercul gradat.

Precizia scăriței este dată de relația:

$$p = \frac{D}{n} = \frac{100^c}{100} = 1^c \quad (2.8)$$

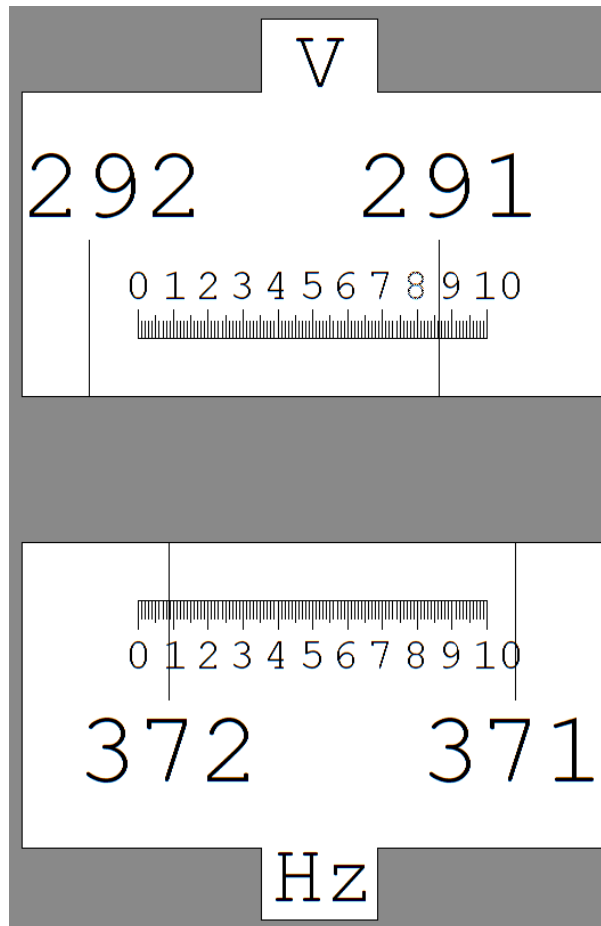


Fig.2.14. Microscopul cu scăriță

La efectuarea citirii, prima parte ( $P_I$ ) este reprezentată de valoarea gradului a căruia diviziune se suprapune peste scăriță, iar partea a doua ( $P_{II}$ ), se obține înmulțind numărul de diviziuni citite pe scăriță cu precizia de  $1^c$ , care s-au citit de la zero și până la linia gradului respectiv:

- pe cercul orizontal sau limb (Hz):

$$C = P_I + P_{II} = 372^g00^c00^{cc} + 8^c75^{cc} = 372^g08^c75^{cc} \quad (2.9)$$

- pe cercul vertical sau eclimetru (V):

$$C = P_I + P_{II} = 291^g00^c00^{cc} + 86^c25^{cc} = 291^g86^c25^{cc} \quad (2.10)$$

**c) Microscopul cu micrometru optic de coincidență** este întâlnit la teodolitele de precizie ridicată, permițând citirea unghiurilor cu o precizie de  $1^{\text{cc}} - 2^{\text{cc}}$  (ex: Zeiss Theo 010), calculată astfel:

$$p = \frac{D}{n} = \frac{10^c}{10 \times 10 \times 5} = \frac{1000^{\text{cc}}}{500} = 2^{\text{cc}} \quad (2.11)$$

În cazul Theo 010 pentru citirea unghiurilor trebuie comutat butonul pentru a citi unghiul vertical (bulina de pe buton să fie sus), respectiv unghiul orizontal (bulina de pe buton să fie jos).

Se reglează fereastra de coincidență și apoi se citește unghiul.

În figura de mai jos (Fig. 2.15.) avem un exemplu pentru citirea unui unghi orizontal:

$$C = 245^{\circ}63^{\text{c}}64^{\text{cc}} \quad (2.12)$$

Pentru citirea unghiului vertical se comută butonul, se reglează fereastra de coincidență și se citește unghiul.

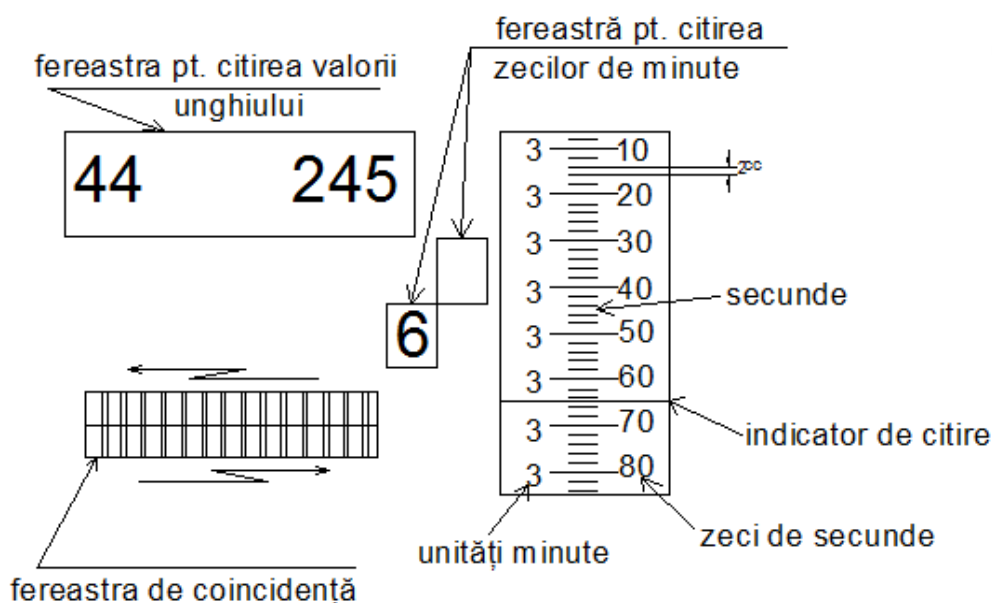


Fig.2.15. Microscopul cu micrometru optic de coincidență

**d) Afișajul electronic** - pentru valori unghiulare și liniare - este întâlnit la teodolitele electronice și stațiile totale.

## 2.5. VIZAREA SEMNALELOR TOPOGRAFICE

Prin operația de vizare a semnalelor topografice se aduce intersecția firelor reticulare peste imaginea semnalului topografic al punctului vizat din teren. Această operație cuprinde următoarele etape:

### a. Punerea la punct a lunetei

În această etapă se realizează clarificarea firelor reticulare în funcție de dioptriile ochiului operatorului astfel:

- se vizează cu luneta spre un fond deschis (cer sau perete alb);
- se privește prin ocular și se rotește manșonul acestuia, până când firele reticulare se văd distinct și clar;

**b. Punerea la punct a imaginii obiectului vizat**

Această etapă cuprinde următoarele se efectuează în felul următor:

- se îndreaptă luneta în direcția semnalului vizat și cu ajutorul dispozitivului de cătare, fixat pe lunetă, se aduce luneta pe direcția acestuia și se blochează mișcările lunetei în plan orizontal și în plan vertical;
- se privește prin ocularul lunetei și se acționează de manșonul sau șurubul de focusare până când se realizează claritatea imaginii semnalului topografic al punctului vizat.

**c. Vizarea semnalului pentru măsurarea unghiurilor orizontale**

În funcție de tipul semnalului topografic, pentru a măsura unghiuri orizontale, se efectuează următoarele operații (Fig.2.16.):

- se aduce imaginea semnalului în câmpul lunetei (Fig.2.16.a);
- se aduce intersecția firelor reticulare peste imaginea semnalului, folosindu-se șuruburile de fină mișcare a lunetei în plan vertical (Fig.2.16.b) și a alidadei cercului orizontal în plan orizontal (Fig.2.16.c).

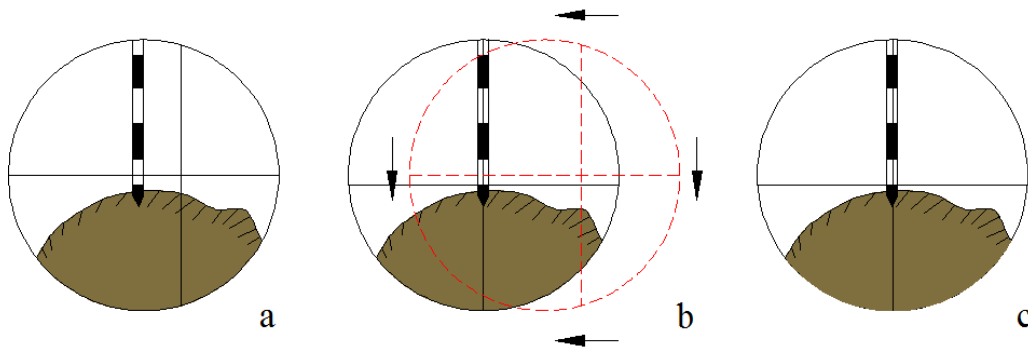


Fig.2.16. Vizarea semnalului topografic (jalon)

În cazul măsurării unghiurilor orizontale, vizarea semnalelor topografice se face prin aducerea intersecției firelor reticulare la baza jalonului, a mirei topografice, a reperului balizei topografice sau a unei piramide (Fig.2.17).

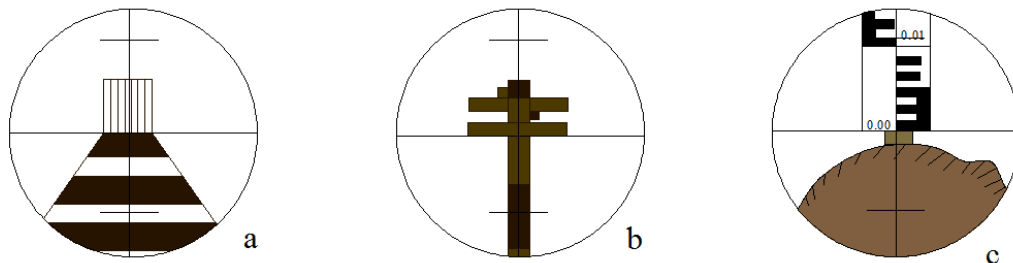


Fig.2.17. Vizarea semnalului topografic pentru unghiuri orizontale  
a) pe piramidă; b) pe baliză; c) pe miră

**d. Vizarea semnalului pentru măsurarea unghiurilor verticale**

Atunci când se măsoară unghiuri verticale, de pantă, vizarea semnalului topografic se face cu firul reticular orizontal la o înălțime corespunzătoare înălțimii operatorului (Fig.2.18.a).

Pentru alte unghiuri verticale, care nu sunt unghiuri de pantă, vizarea se face cu firul reticular orizontal la înălțimea semnalului topografic redată în Fig.2.18.b., pentru o turlă de biserică și în Fig.2.18.c, pe piramidă.

Din punct de vedere practic vizarea unui semnal topografic se face cu o singură poziție a lunetei sau cu ambele poziții. Corespunzător fiecărei vizări, se efectuează citirea valorilor unghiulare pe cercul orizontal și pe cercul vertical.

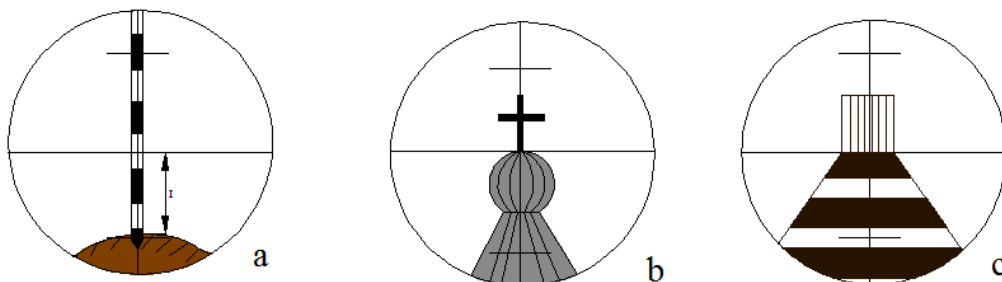


Fig.2.18. Vizarea semnalului topografic pentru unghiuri verticale  
a) pe miră; b) pe baliză; c) pe piramidă

## METODE DE MĂSURARE ÎN LUCRĂRILE TOPOGRAFICE

### 3.1. MĂSURAREA UNGHIURILOR ORIZONTALE

Măsurarea unghiurilor orizontale se face prin mai multe metode, cele mai utilizate fiind metoda diferențelor de citiri, metoda cu zero în coincidență, iar atunci când mai multe unghiuri orizontale sunt măsurate din același punct de stație întâlnim metoda turului de orizont.

Teodolitul trebuie să fie verificat și rectificat, aparatul fiind așezat în stație, deci centrat și calat într-un punct topografic pentru a începe măsurarea unghiurilor orizontale.

#### **3.1.1. Metoda simplă**

Această metodă se aplică atunci când se măsoară un singur unghi dintr-o stație. Această metodă presupune următoarele etape:

- se vizează punctul A în poziția I a lunetei (cercul vertical în partea stângă a operatorului) și se citește pe limb  $C_A^I$  la dispozitivul de citire al cercului orizontal;
- se deblochează mișcarea în plan orizontal a teodolitului, se rotește convenabil, vizându-se punctul B;
- se execută citirea pe limb  $C_B^I$  la dispozitivul de citire al cercului orizontal;
- se trece în poziția a II a lunetei (cercul vertical în partea dreaptă a operatorului) și se vizează punctul B efectuându-se citirea  $C_B^{II}$  la dispozitivul de citire al cercului orizontal;
- se deblochează mișcarea în plan orizontal a teodolitului, se rotește în sens antiorar și se vizează punctul A, efectuându-se citirea  $C_A^{II}$  la dispozitivul de citire al cercului orizontal;
- se calculează valoarea unghiului orizontal:

$$\omega = \frac{\omega^I + \omega^{II}}{2} \quad (3.1)$$

**Notă:**

$$C^I = C^{II} - 200^g \quad (3.2)$$

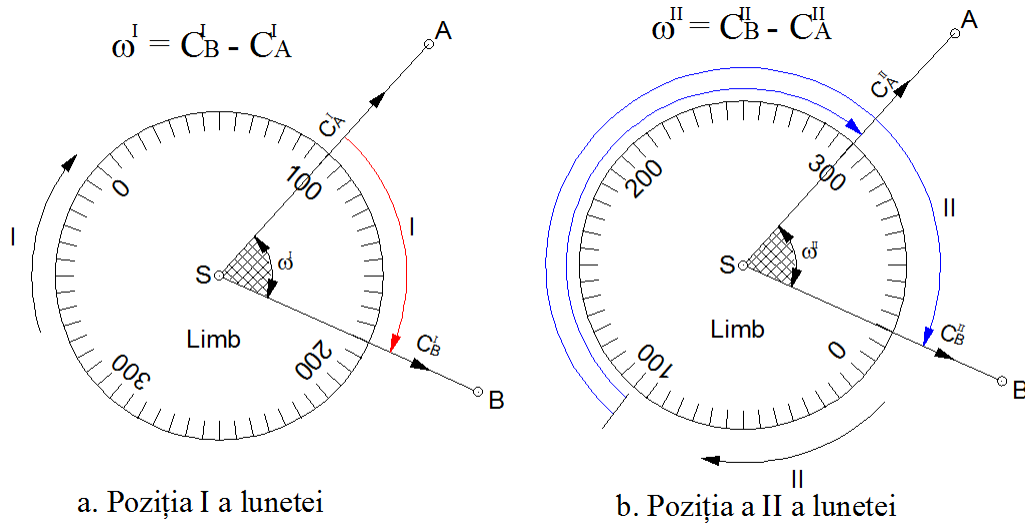


Fig.3.1. Măsurarea unghiului orizontal folosind metoda simplă

### 3.1.2. Metoda cu zero în coincidență

Metoda nu diferă față de cea prezentată anterior decât prin faptul că pe direcția punctului A, direcția de origine a măsurătorii, nu va mai fi o valoare oarecare a limbului. Pentru poziția I a lunetei limbul va avea valoarea  $0^g$ , iar în poziția a II-a a lunetei va fi  $200^g$ , aceste valori impuse fiind introduse în aparat la cercul orizontal.

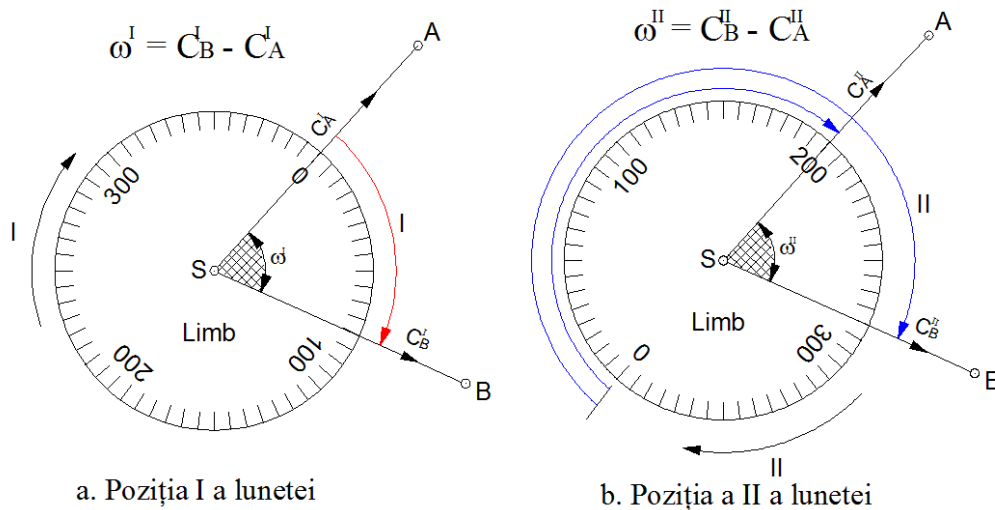


Fig.3.2. Măsurarea unghiului orizontal folosind metoda cu zero în coincidență

### 3.2. TURUL DE ORIZONT

Această metoda se utilizează la măsurarea mai multor unghiuri dintr-un singur punct de stație, dar și atunci când se măsoară un singur unghi în stație (în cazul drumuirilor). Metoda presupune următoarele etape:

- se alege o direcție de referință către punctul cel mai depărtat și mai bine vizibil, celelalte direcții vizându-se în ordine, în sens topografic, încheind pe punctul de referință, în poziția I-a lunetei;
- în poziția a II-a se vizează din nou punctul de referință, celelalte direcții vizându-se în sens antiorar, cu încheiere pe punctul de plecare.

Măsurătorile obținute prin intermediul acestei metode (direcții orizontale) **se compensează în stație**:

- se constată că citirile de închidere ale tururilor de orizont diferă de citirile de plecare, rezultând o diferență unghiulară numită neînchidere unghiulară în tur de orizont

- operațiile de control și corectare a citirilor efectuate vor fi următoarele:

a) calculul direcțiilor medii pentru fiecare serie :

$$C_i = \frac{C_i^I + C_i^{II}}{2} \quad (3.3)$$

b) calculul neînchiderii în turul de orizont:

$$e_n = C_{A'} - C_A \leq T_i \quad (3.4)$$

unde:  $T_i$  este toleranța, în funcție de numărul de direcții din turul de orizont:

$$T_i = \pm p\sqrt{n} \quad (3.5)$$

unde:  $p$  este aproximația de citire a dispozitivului de citire al teodolitului

$n$  este numărul punctelor vizate în turul de orizont

c) compensarea în stație a direcțiilor măsurate:

- se calculează corecția totală

$$c_n = -e_n \quad (3.6)$$

- se calculează corecția unitară

$$q_u = \frac{c_n}{n} = \frac{-e_n}{n} \quad (3.7)$$

- se calculează direcțiile compensate:

$$\begin{aligned} C_A^0 &= C_A + 0 \cdot q_u \\ C_B^0 &= C_B + 1 \cdot q_u \\ C_C^0 &= C_C + 2 \cdot q_u \\ C_D^0 &= C_D + 3 \cdot q_u \\ C_{A'}^0 &= C_{A'} + n \cdot q_u = C_A \end{aligned} \quad (3.8)$$

d) calculul unghiurilor orizontale

$$\begin{aligned}\omega_1 &= C_B^0 - C_A^0 \\ \omega_2 &= C_C^0 - C_B^0 \\ \omega_3 &= C_D^0 - C_C^0 \\ \omega_4 &= C_A^0 - C_D^0\end{aligned}\tag{3.9}$$

Control:

$$\Sigma\omega_i=400^g\tag{3.10}$$

**Observație:** Dacă se dorește o precizie mai mare a determinărilor unghiulare, atunci se pot face mai multe serii, cu origini diferite pe limb.

### 3.3. MĂSURAREA UNGHIURILOR VERTICALE

Unghiurile verticale se măsoară cu ajutorul teodolitelor și tahimetrelor, obținându-se atât unghiuri de pantă ( $\alpha$ ), cât și unghiuri zenitale ( $Z$ ), funcție de tipurile de aparate folosite.

#### **3.3.1. Măsurarea unghiurilor de pantă**

Prin **unghi de pantă** se înțelege unghiul format de direcția de vizare cu planul orizontal al punctului de stație, din care, se efectuează măsurătorile unghiulare pe teren

Teodolitele-tahimetre de tip mai vechi, din care, se menționează și teodolitul-tahimetru TT-50 sunt prevăzute cu cercuri verticale (eclimetre) cu gradația  $0^g - 200^g$  dispusă pe orizontală, ceea ce permite măsurarea unghiurilor de pantă ( $\alpha$ ). În cazul înclinării lunetei deasupra orizontului instrumentului, se măsoară în poziția I-a a lunetei (eclimetru în dreapta) unghiuri considerate pozitive cuprinse între  $0^g$  și  $100^g$  (vernierul I), iar în cazul înclinării lunetei sub orizontul instrumentului, se măsoară unghiuri negative cuprinse între  $300^g$  și  $400^g$  (vernierul I).

#### **3.3.2. Măsurarea unghiurilor zenitale**

Prin **unghi zenital**, se înțelege unghiul format de verticala locului și axa de vizare a teodolitolui-tahimetru.

Teodolitele-tahimetre de tip mai nou (moderne) sunt prevăzute cu cercuri verticale (eclimetre) cu gradația  $0^g - 200^g$  dispusă pe verticală. În cazul acestor instrumente se vor măsura unghiuri pozitive, ce sunt cuprinse între  $0^g$  și  $100^g$ , în cazul înclinării lunetei deasupra orizontului instrumentului și unghiuri negative cuprinse între  $100^g$  și  $200^g$ , în cazul înclinării lunetei sub orizontul instrumentului, în poziția I-a a lunetei, cu eclimetru în stânga.

În cazul măsurării unghiurilor verticale zenitale ( $Z$ ), care se măsoară concomitent cu unghiurile orizontale ( $\alpha$ ), se execută următoarele operațiuni (*Fig. 3.3*):



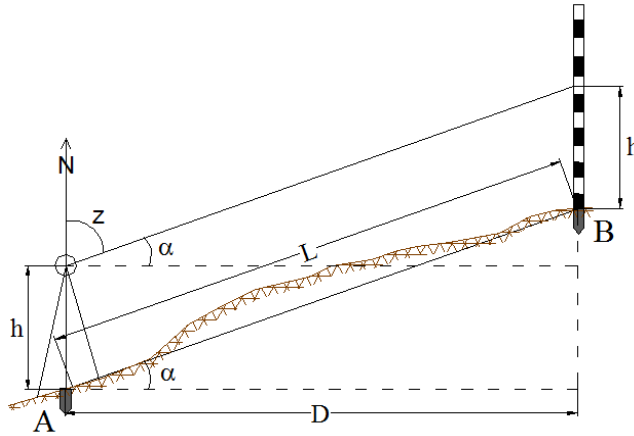


Fig. 3.3. Măsurarea unghiurilor zenitale

- se așează aparatul în punctul de stație A;
- se blochează mișcarea generală, în plan orizontal;
- se deblochează mișcarea înregistratoare și mișcarea verticală ;
- se vizează la înălțimea h sau semnalul din punctul A, în poziția I-a a lunetei (eclimetrul în stânga);
- se blochează mișcarea înregistratoare și mișcarea verticală și se efectuează punctarea corectă a semnalului din punctul B;
- se efectuează citirea  $C_1$  la microscopul eclimetrului;
- se deblochează mișcarea înregistratoare și mișcarea verticală generală, se dă luneta peste cap și se aduce aparatul în poziția a II-a (eclimetrul în dreapta) și se vizează din nou semnalul punctului A;
- se efectuează citirea  $C_2$  la microscopul eclimetrului.

**Controlul** măsurătorilor valorilor unghiurilor verticale zenitale, se poate face direct pe teren cu relația :

$$C_1 + C_2 = 400^g \pm e_i \quad (3.11)$$

unde:  $(e_i)$  – eroarea aparatului și eroarea de indice a eclimetrului.

Mărimea unghiului zenital ( $Z'_{AB}$ ), se va obține ca medie a valorilor rezultate din măsurările efectuate în cele două poziții ale lunetei:

$$Z'_{AB} = C_1 - 0^g \quad (3.12)$$

$$Z''_{AB} = 400^g - C_2 \quad (3.13)$$

de unde rezultă:

$$Z'_{AB} = \frac{Z'_{AB} + Z''_{AB}}{2} = \frac{C_1 + (400^g - C_2)}{2} = \frac{C_1 - C_2}{2} + 200^g \quad (3.14)$$

Valoarea cea mai probabilă a unghiului vertical ( $Z$ ) se obține atunci când se efectuează, în mod asemănător, și măsurarea unghiului de la B la A ( $Z''_{BA}$ ), iar pe baza celor două rezultate obținute din cele două sensuri de măsurare se calculează valoarea medie cu relația:

$$Z_{mediu} = \frac{Z'_{AB} + Z''_{BA}}{2} \quad (3.15)$$

Se face precizarea că diferența dintre cele două valori unghiulare măsurate pe teren ( $Z'_{AB}$ ), în sens direct și ( $Z''_{BA}$ ), în sens invers, să nu depășească eroarea de citire pe cercul vertical și eroarea de colimație.

### **EXEMPLU:**

$$C_1 = 99.58.00 \Rightarrow Z'_{SA} = C_1 - 0^g = 99.58.00$$

$$C_2 = 300.38.25 \Rightarrow Z''_{SA} = 400^g - C_2 = 400^g - 300.38.25 = 99.65.50$$

$$Z_{mediu} = \frac{Z'_{SA} + Z''_{SA}}{2} = \frac{99.58.00 + 99.65.50}{2} = 99.61.75$$

### **REZOLVARE TABELARĂ:**

Pct. Stație	Pct. Vizat	Citiri unghiuri verticale (g.c.cc)		Medie citiri (g.c.cc)
		Poziția I	Poziția II	
S	A	99.58.00	99.65.50	99.61.75

### **3.3.4. Mire de nivelment**

**1. Mirele topografice**, denumite și mire centimetrice, ce se folosesc atât în ridicările de planimetrie, cât și în ridicările de nivelment, de precizie mică și medie sunt rigle confecționate din lemn uscat, cu lungimea de 2, 3 sau 4m, lățimea 10 ...14cm și o grosime de 2-3cm, realizate dintr-o singură bucată, pliante sau telescopice.

Cele două capete ale mirei sunt protejate de rame metalice, iar la o înălțime de 1,25m de la baza mirei sunt montate două mânere, ce servesc la ținerea mirei în poziție verticală. Pe o față a mirei sunt trasate diviziunile centimetrice, fiind grupate în primii cinci centimetri ai fiecărui decimetru sub forma literei E. Numerotarea diviziunilor se face la fiecare decimetru, prin metrii și decimetrii respectivi, începându-se cu baza mirei: 00; 01; 02; ... ; 10; 11;..., care se scriu drept sau răsturnat, în funcție de imaginea dată de luneta nivelei, în culoare neagră sau roșie pe fondul alb al mirei.

O citire pe mira topografică (*Fig.3.4*) se compune din:

→ **cifre exacte** (metri, decimetri, centimetri) - se citesc pe miră

→ **cifră aproximativă** (milimetri) - se aproximează vizual de către operator

O citire completă pe mira topografică (*Fig.3.4*) este compusă din:

- citirea efectuată în dreptul firului reticular orizontal (fir nivelor) numită citire de mijloc ( $C_M$ )

- citirea efectuată în dreptul firului stadimetric de sus numită citire de sus ( $C_S$ )

- citirea efectuată în dreptul firului stadimetric de jos numită citire de jos ( $C_J$ )

**Controlul** efectuării unor citiri corecte pe mira topografică se face prin îndeplinirea relației:

$$C_M = \frac{C_S + C_J}{2} \tag{3.16}$$

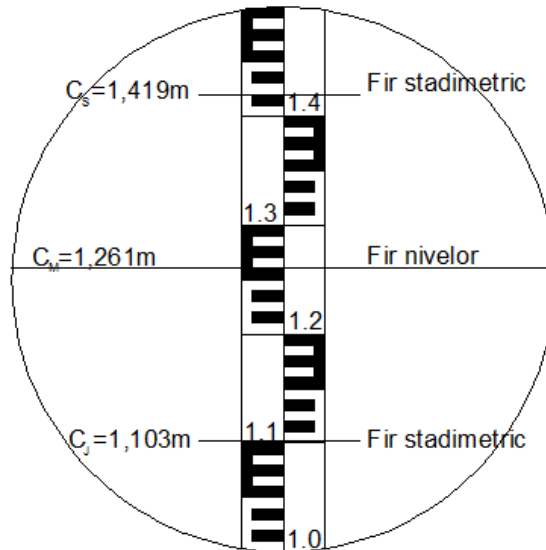


Fig.3.4. Măsurarea unghiurilor zenitale

**EXEMPLU:**

$$C_s = 3,637m$$

$$C_M = 3,600m$$

$$C_J = 3,566m$$

$$C_M = \frac{C_s + C_J}{2} = \frac{3,637 + 3,566}{2} = 3,601m$$

$$z_A + \alpha_A = 100.00.00 \Rightarrow \alpha_A = 100.00.00 - z_A$$

$$\alpha_A = 100.00.00 - 99.61.75 = 0.38.25$$

$$D_{S-A} = 100 \cdot (C_s - C_J) \cdot \cos^2 \alpha_1 = 7,100m$$

**REZOLVARE TABELARĂ:**

Pct. Stație	Pct. Vizat	Citiri pe miră (m)			Control citiri (m)	Unghi zenital (g.c.cc)	Unghi de pantă (g.c.cc)	Distanța orizontală (m)
		C <sub>S</sub>	C <sub>M</sub>	C <sub>J</sub>				
S	A	3,637	3,600	3,566	3,601	99.61.75	0.38.25	7,100

**2. Mirele cu bandă de invar**, se folosesc în cazul nivelmentului de precizie și de înaltă precizie împreună cu nivele de precizie prevăzute cu micrometru optic sunt confecționate din lemn uscat, având lungimea de 1,75m și de 3,0m, nefiind pliabile în timpul transportului. Pe mijlocul mirei este fixată rigid o bandă de invar (aliaj de 64% oțel și 36% nichel, cu un coeficient de dilatație de  $\pm 0,0008mm$  pe metru și grad Celsius) cu lățimea de 2,5cm și cu lungimea egală cu a mirei. Această bandă de invar este divizată din 5 în 5mm, diviziunile fiind decalate între ele deoarece originile scalelor diferă între ele cu o constantă ( $k=606500$ ). Astfel controlul citirilor pe miră se poate efectua imediat, diferențele dintre citiri fiind egale cu constanta, cu mici abateri.

### 3.4. RADIEREA PUNCTELOR

Această metodă reprezintă aplicarea metodei coordonatelor polare la ridicarea planimetrică a detaliilor și se aplică pentru ridicarea punctelor de detaliu care se află în jurul unui punct vechi, cunoscut.

Metoda are ca scop determinarea coordonatelor rectangulare  $X_i, Y_i$  ale punctelor ce aparțin unui detaliu topografic.

Din punctul de stație (S), de coordonate cunoscute, se măsoară direcția orizontală de referință ( $C_A$ ) spre punctul A (punct vechi - de coordonate cunoscute), direcțiile orizontale spre punctele de "ridicat", unghiurile verticale și se efectuează citirile pe miră în fiecare punct de "ridicat" (Fig. 3.5).

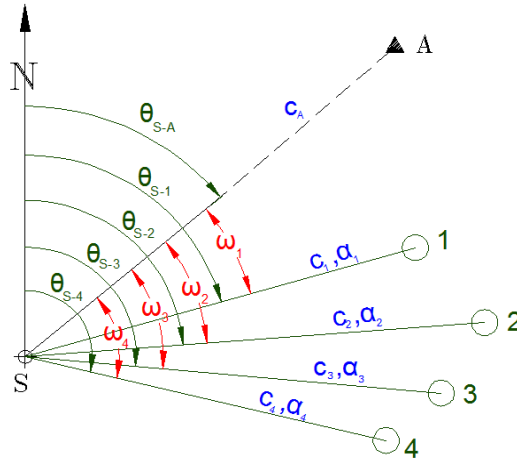


Fig.3.5. Schița radierii-exemplu pentru patru puncte radiate

Etapele prelucrării datelor achiziționate pe teren sunt următoarele:

- ✓ Calculul unghiurilor orizontale dintre direcțiile măsurate:

$$\begin{aligned}\omega_1 &= dir_{S-1} - dir_{S-A} \\ \omega_2 &= dir_{S-2} - dir_{S-A} \\ \omega_3 &= dir_{S-3} - dir_{S-A} \\ \omega_4 &= dir_{S-4} - dir_{S-A}\end{aligned}\quad (3.17)$$

- ✓ Calculul orientărilor către punctele de detaliu:

$$\begin{aligned}\theta_{S-A} &= \arctg \frac{\Delta Y_{S-A}}{\Delta X_{S-A}} = \arctg \frac{Y_A - Y_S}{X_A - X_S} \\ \theta_{S-1} &= \theta_{S-A} + \omega_1 \\ \theta_{S-2} &= \theta_{S-A} + \omega_2 \\ \theta_{S-3} &= \theta_{S-A} + \omega_3 \\ \theta_{S-4} &= \theta_{S-A} + \omega_4\end{aligned}\quad (3.18)$$

- ✓ Calculul distanțelor către punctele de detaliu:

$$\begin{aligned}
D_{S-1} &= 100 \cdot (C_S - C_J) \cdot \cos^2 \alpha_1 \\
D_{S-2} &= 100 \cdot (C_S - C_J) \cdot \cos^2 \alpha_2 \\
D_{S-3} &= 100 \cdot (C_S - C_J) \cdot \cos^2 \alpha_3 \\
D_{S-4} &= 100 \cdot (C_S - C_J) \cdot \cos^2 \alpha_4
\end{aligned}
\tag{3.19}$$

✓ Calculul creșterilor de coordonate:

$$\begin{aligned}
\delta x_1 &= D_{S-1} \cdot \cos \theta_{S-1} \\
\delta x_2 &= D_{S-2} \cdot \cos \theta_{S-2} \\
\delta x_3 &= D_{S-3} \cdot \cos \theta_{S-3} \\
\delta x_4 &= D_{S-4} \cdot \cos \theta_{S-4} \\
\delta y_1 &= D_{S-1} \cdot \sin \theta_{S-1} \\
\delta y_2 &= D_{S-2} \cdot \sin \theta_{S-2} \\
\delta y_3 &= D_{S-3} \cdot \sin \theta_{S-3} \\
\delta y_4 &= D_{S-4} \cdot \sin \theta_{S-4}
\end{aligned}
\tag{3.20}$$

✓ Calculul coordonatelor punctelor de detaliu:

$$\begin{aligned}
X_1 &= X_S + \delta x_1 \\
X_2 &= X_S + \delta x_2 \\
X_3 &= X_S + \delta x_3 \\
X_4 &= X_S + \delta x_4 \\
Y_1 &= Y_S + \delta y_1 \\
Y_2 &= Y_S + \delta y_2 \\
Y_3 &= Y_S + \delta y_3 \\
Y_4 &= Y_S + \delta y_4
\end{aligned}
\tag{3.21}$$

## SCHEMA DE CONSTRUCȚIE ȘI PĂRȚILE COMPONENTE ALE UNEI NIVELE CLASICE

Instrumentele de nivel cu lunetă trebuie să realizeze în mod riguros orizontalizarea axei de vizare a lunetei, în dreptul căreia se efectuează citirile pe mirele verticale. Principala caracteristică a instrumentelor de nivel constă în faptul că, luneta se rotește numai în plan orizontal, ceea ce asigură realizarea vizelor orizontale, pe baza cărora se determină diferența de nivel dintre două puncte.

După modul de realizare a vizelor orizontale, se disting următoarele trei grupe de instrumente de nivel:

- nivele clasice cu orizontalizare manuală, fără șurub de fină calare și cu șurub de fină calare;
- nivele moderne cu orizontalizare automată, ce se efectuează cu ajutorul unui compensator optic;
- nivele electronice digitale, care asigură automatizarea înregistrării citirilor pe miră și efectuarea observațiilor de nivelment.

#### 4.1.NIVELE CLASICE RIGIDE CU ORIZONTALIZARE MANUALĂ ȘI CU ȘURUB DE FINĂ CALARE

Instrumentele de nivel clasice rigide cu șurub de fină calare, s-au conceput în diferite tipuri constructive, fiind realizate cu o serie de modernizări ale sistemului mecanic și, în special, ale sistemului optic. În schema de principiu (Fig.4.1), sunt prezentate părțile constructive ale unei nivele clasice:

- 1-luneta, cu axa de vizare  $LL'$ ;
- 2- nivela torică, cu directricea  $DD'$ ;
- 3- ambaza sau suportul instrumentului;
- 4- nivela sferică, cu axa verticală  $V_S V'_S$ ;
- 5- șuruburi de calare;
- 6- placa de tensiune;
- 7- șurub de blocare a mișcării lunetei în plan orizontal, în jurul axei verticale  $VV'$ ;
- 8- șurub de rectificare al nivelei torice;
- 9- traversă sau pârghie de basculare articulată la un capăt de corpul lunetă - nivelă torică, iar la celălalt capăt având un șurub de fină calare;
- 10- șurub de fină calare, care asigură înclinarea fină a ansamblului lunetă - nivelă torică, în plan vertical.

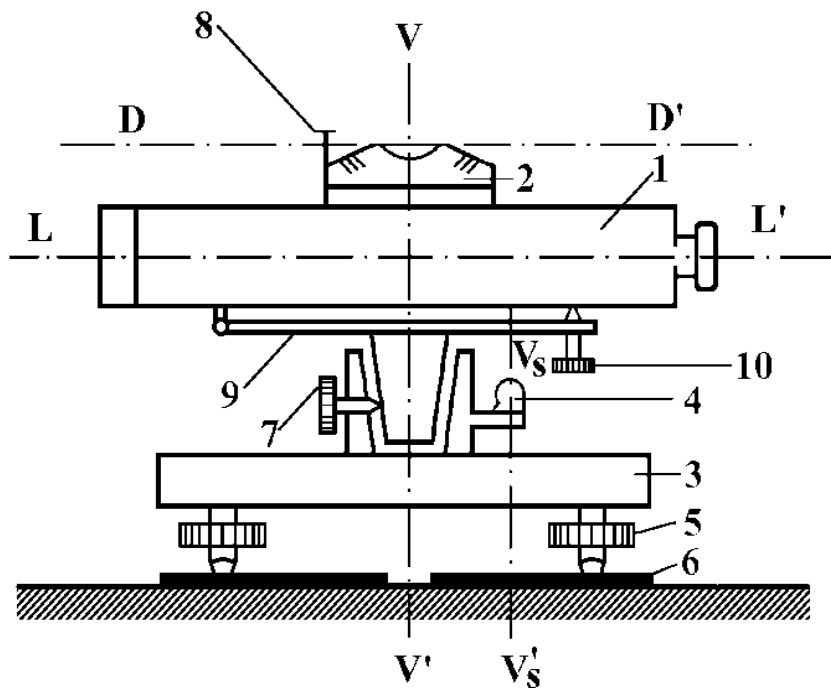


Fig.4.1. Nivela clasică

Se precizează că aproape toate nivelele din această grupă sunt realizate cu cercuri orizontale gradate ( $400^s$ ) sau ( $360^\circ$ ). Cele patru axe ale unui nivel clasic, cu șurub de fină calare, trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- **condiția de verticalitate:** axa principală  $VV'$  a instrumentului să fie verticală;
- **condiția de perpendicularitate:** directricea nivelei torice să fie perpendiculară pe axa principală  $DD' \perp VV'$ ;
- **condiția de paralelism:** axa de vizare a lunetei să fie paralelă cu directricea nivelei torice  $LL' \parallel DD'$ , iar axa nivelei sferice să fie paralelă cu axa principală  $V_S V'_S \parallel VV'$ .

Pentru executarea corectă a observațiilor de nivelment, se efectuează, mai întâi o calare aproximativă cu ajutorul nivelei sferice (4), apoi calarea de precizie cu ajutorul nivelei torice (2). Orizontalizarea axei de vizare a lunetei LL' se face cu ajutorul nivelei torice obișnuite sau cu coincidență (2) și a șurubului de fină de calare (10), pentru fiecare viză în parte și se verifică de fiecare dată, înainte de efectuarea citirilor pe miră. În momentul aducerii bulei de aer a nivelei torice între repere, se consideră că, orizontalitatea este realizată, iar cele două jumătăți ale bulei sunt aduse cap la cap sau în coincidență (Fig. 4.2.a și b). Observarea coincidenței dintre cele două jumătăți ale bulei, se face printr-un ocular situat în stânga lunetei, unde imaginea este adusă prin intermediul unor prisme, iar la unele instrumente de mare precizie, imaginea coincidenței bulei este adusă direct în câmpul ocularului lunetei (Fig.4.1).

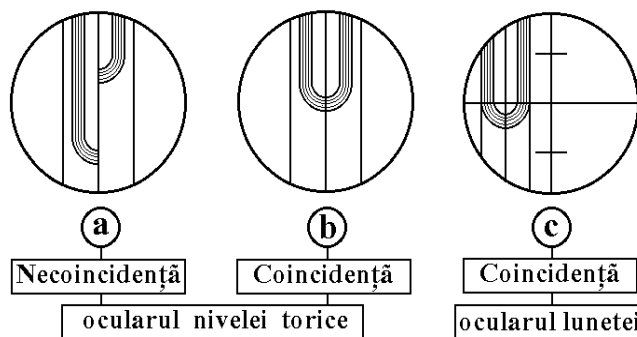


Fig. 4.2. Calarea de precizie utilizând nivela torică

În funcție de precizia de execuție a nivelmentului geometric, cu ajutorul nivelelor clasice cu nivelă torică de contact și șurub de fină calare, se disting următoarele tipuri constructive:

- Nivele clasice de precizie medie ( $\leq \pm 6$  mm/km): nivelul 5153-B, realizat de firma Filotecnica Salmoiraghi – Milano, nivelul Ni - B1 MOM – Budapesta, nivelul N10 Wild - Heerbrugg AG și altele.
- Nivele clasice de precizie ( $\leq \pm 2$  mm/km): nivelele 5167 și 5169, realizate de firma Filotecnica Salmoiraghi – Milano, nivelul N2 Wild Heerbrugg AG și nivelul Ni - 030 Zeiss.
- Nivele clasice de înaltă precizie ( $\leq \pm 0,5$  mm / km): Ni A1 – MOM NA1, N3 – Wild; Ni 004 Zeiss și altele.

## 4.2. NIVELMENTUL GEOMETRIC

Nivelmentul geometric sau direct este o metodă de determinare a diferențelor de nivel, ce se bazează pe principiul vizelor orizontale, funcție de care se calculează cotele punctelor de pe suprafața terestră.

Principiul de bază al nivelmentului geometric constă din determinarea directă a diferenței de nivel a unui punct față de un alt punct situat în apropiere, cu ajutorul vizelor orizontale, care se realizează cu instrumente de nivelment geometric sau nivele, pe mirele ținute vertical în punctele respective (Fig.4.3). Diferența de nivel dintre cele două puncte A și B din teren, se obține în funcție de înălțimea vizei orizontale, de deasupra celor două puncte, ce se măsoară pe mirele verticale din punctele respective.

Se consideră, în mod convențional, punctul A, ca punct înapoi și punctul B, ca punct înainte, pe care se efectuează citirile a și b de pe cele două mire.

Deci, cele două citiri a și b efectuate pe mirele din punctele A și B sunt egale cu înălțimea liniei de vizare deasupra celor două puncte. În baza citirilor a și b, se poate obține diferența de nivel:

$$\delta h_{AB} = a - b \quad (4.1)$$

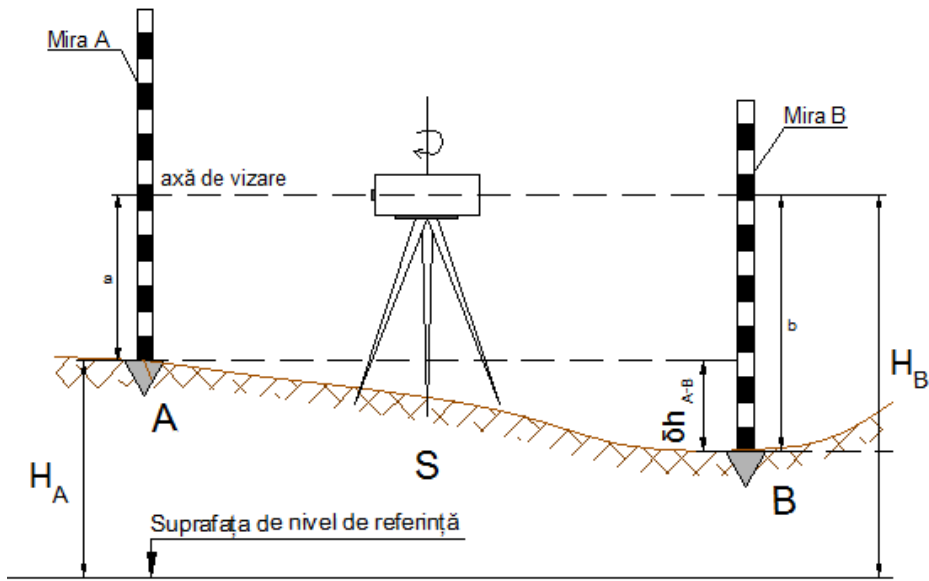


Fig. 4.3. Principiul

*nivelmentului geometric*

Din punct de vedere practic, nivelmentul geometric se folosește în cazul terenurilor relativ plane sau cu o înclinare redusă. Acest nivelment este cel mai precis, iar cu ajutorul lui se determină rețeaua de nivelment geometric, pe care se sprijină atât ridicările nivelitice cât și lucrările de trasare pe teren a proiectelor de execuție.

Există mai multe moduri de clasificare a nivelmentului geometric și anume:

**1. După modul de staționare a instrumentului de nivel:**

a. Nivelmentul geometric de mijloc, unde se staționează cu nivelul la mijlocul distanței dintre punctul de cotă cunoscută și punctul a cărui cotă trebuie să fie determinată, între care se va măsura o diferență de nivel ( $\delta h$ ).

b. Nivelmentul geometric de capăt, unde instrumentul de nivel se așează în punctul de cotă cunoscută, iar în punctul a cărui cotă trebuie să fie determinată se ține o miră în poziție verticală, între care se va obține o diferență de nivel  $\delta h$ ).

**2. După modul de determinare a diferențelor de nivel:**

a. Nivelmentul geometric simplu de mijloc și simplu de capăt, la care diferența de nivel ( $\delta h$ ) dintre punctul de cotă cunoscută și punctul sau punctele de cote necunoscute, se determină, dintr-o singură stație, care din punct de vedere practic corespunde unui traseu scurt de până la 90 – 150m, unde se poate aplica metoda radierii de nivelment geometric.

b. Nivelmentul geometric compus de mijloc și compus de capăt, se aplică în cazul unor trasee lungi de până la 3-5km sau mai mari, iar diferențele de nivel dintre punctele de pe traseul considerat rezultă din mai multe stații, prin metoda drumuirii de nivelment geometric.

**4.2.1. Nivelmentul geometric de mijloc**

Se bazează pe principiul staționării cu instrumentul de nivel la mijlocul distanței dintre cele două puncte între care se determină diferența de nivel. Instalarea nivelei se poate face pe aliniamentul dintre punctele considerate sau lateral față de acesta, dar cu condiția păstrării egalității distanțelor de la aparat până la cele două puncte, cu o abatere de 1-2m.

Distanța dintre instrumentul de nivel și miră se numește portee, iar distanța dintre cele două mire consecutive de pe traseul de nivelment se numește niveleu. Se consideră punctele A și B și se cere măsurarea diferenței de nivel  $\delta h_{AB}$  dintre cele două puncte și determinarea cotei punctului B, în raport cu cota cunoscută a punctului A (Fig.4.4).



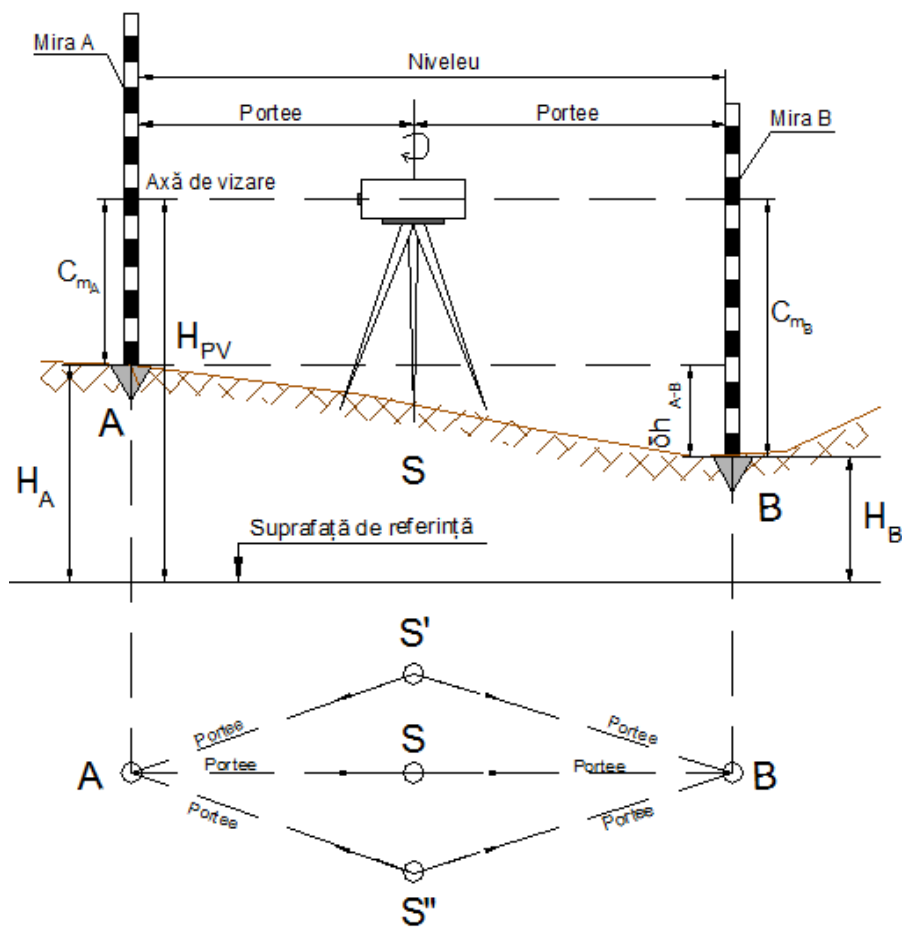


Fig.4.4. Nivelmentul geometric de mijloc simplu

**a. În faza de teren** se execută următoarele lucrări:

- Se așează instrumentul de nivel în poziție corectă de lucru, în punctul de stație S, unde se efectuează calarea aproximativă și calarea de precizie, în funcție de tipul de nivelă folosit;
- Se ține câte o miră cu diviziunea zero pe reperul din punctul A și din punctul B, în poziție perfect verticală;
- Se efectuează citirile pe miră la cele trei fire, mai întâi pe mira din punctul A, considerat în mod convențional punct înapoi, unde se vor obține citirile:  $C_{mA}$  la firul nivelor și  $C_{sA}$ ,  $C_{jA}$  la firele stadimetrice de sus și de jos și apoi pe mira din punctul B, considerat punct înainte, cu citirile:  $C_{mB}$  și  $C_{sB}$ ,  $C_{jB}$ .
- Se verifică citirile efectuate la cele trei fire, cu relația:

$$C_m = \frac{C_s + C_j}{2} \quad (4.2)$$

sau:

$$(C_s - C_m) = (C_m - C_j), \text{ în limitele unei abateri admisibile de pâna la 1-2 mm}$$

**b. În faza de calcul**, se determină cota punctului B ( $H_B$ ), în funcție de cota cunoscută a punctului A ( $H_A$ ), în următoarele două moduri:

- Cu ajutorul diferenței de nivel dintre cele două puncte

$$\delta h_{AB} = C_{m_A} - C_{m_B} \quad (4.3)$$

unde:  $C_{m_A}$  - citirea la firul reticular nivelor pe mira din punctul A;

$C_{m_B}$  - citirea la firul reticular nivelor pe mira din punctul B.

Diferența de nivel dintre cele două puncte  $\delta h_{AB}$  poate să fie pozitivă sau negativă, în funcție de citirea de pe mira din punctul înapoi, care poate să fie mai mare sau mai mică decât citirea de pe mira din punctul înainte.

Cota punctului B este egală cu cota cunoscută a punctului A, la care se adună algebric diferența de nivel  $\delta h_{AB}$ , obținându-se:

$$H_B = H_A + \delta h_{AB} \quad (4.4)$$

- Cu ajutorul cotei planului de vizare

Se determină mai întâi cota planului de vizare ( $H_{PV}$ ) al instrumentului de nivel, din punctul de stație S, cu relația:

$$H_{PV} = H_A + C_{m_A} \quad (4.5)$$

În continuare, se calculează cota punctului B ca fiind egală cu diferența dintre cota planului de vizare ( $H_{PV}$ ) și citirea pe mira din punctul B, a cărei cotă trebuie să fie determinată:

$$H_B = H_{PV} - C_{m_B} \quad (4.6)$$

Din punct de vedere practic, procedeul diferenței de nivel, se folosește la calculul drumuirilor de nivelment geometric, iar procedeul cotei planului de vizare, denumit și procedeul orizontului instrumentului, se recomandă pentru calculul cotelor punctelor de radiere și de pe profilele transversale de nivelment geometric.

#### **4.2.2. Nivelmentul geometric de capăt**

În cazul nivelmentului geometric de capăt sau înainte, se staționează cu instrumentul de nivel, în punctul B de cotă cunoscută ( $H_B$ ), iar mira se ține în poziție verticală în punctul A, de cotă necunoscută (*Fig. 4.5.*).

##### **a. În faza de teren, se execută următoarele operații:**

- se așează instrumentul de nivel în poziție corectă de lucru în punctul B și se calează aproximativ, apoi în mod definitiv;
- se măsoară înălțimea aparatului (I) deasupra punctului de stație B, pe verticala respectivă, până la axa de vizare, cu ajutorul mirei topografice sau a unei rulete;
- se ține o miră în poziție verticală, cu diviziunea zero pe reperul din punctul A, și se efectuează citirile la cele trei fire și se verifică, în limitele unei abateri de 1-2 mm.

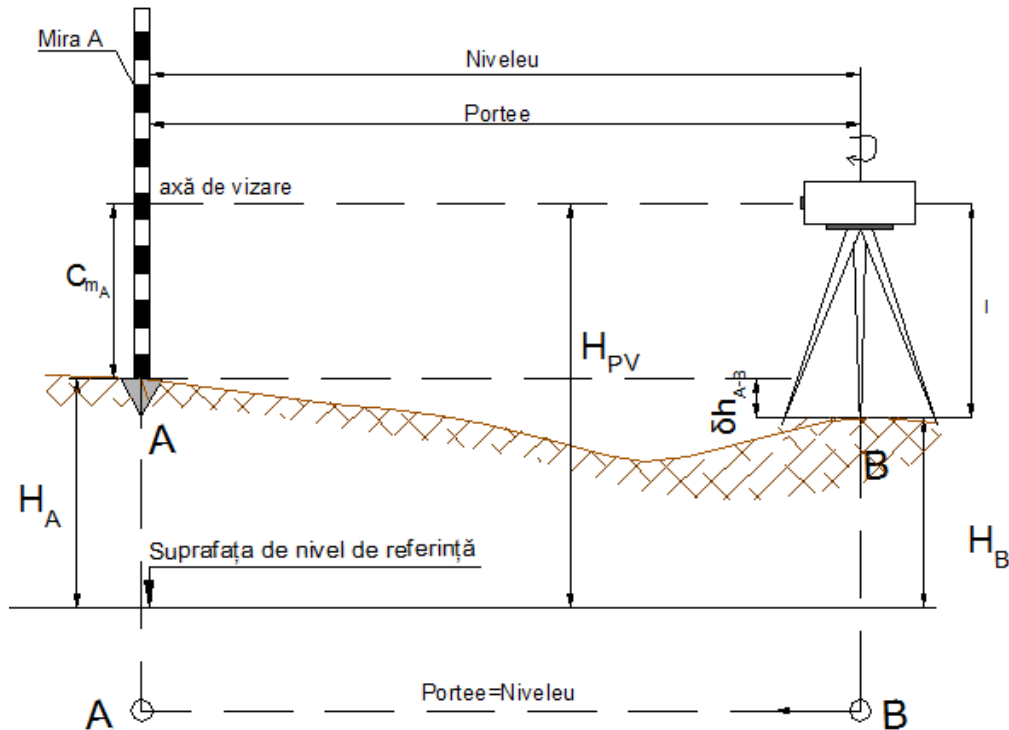


Fig.4.5. Nivelmentul geometric de capăt simplu

**b. În faza de calcul,** se determină cota punctului A ( $H_A$ ) în raport cu cota cunoscută a punctului B ( $H_B$ ), prin folosirea diferenței de nivel și a cotei planului de viză:

- Cu ajutorul diferenței de nivel, care în cazul nivelmentului geometric de capăt se obține ca diferență între înălțimea aparatului ( $I$ ) și citirea pe mira din punctul de cotă necunoscută  $C_{m_B}$ , cu relația:

$$\delta h_{AB} = (I - C_{m_A}) \quad (4.7)$$

Cota punctului A se calculează cu formula:

$$H_A = H_B + \delta h_{AB} \quad (4.8)$$

- Cu ajutorul cotei planului de vizare

Se calculează cota planului de vizare ( $H_{PV}$ ) prin însumarea la cota cunoscută a punctului de stație B a înălțimii aparatului ( $I$ )

$$H_{PV} = H_B + I \quad (4.9)$$

Cota punctului A se obține cu relația

$$H_A = H_{PV} - C_{m_A} \quad (4.10)$$

Sub aspectul preciziei de determinare a diferențelor de nivel, se apreciază că nivelmentul de capăt este mai puțin precis decât nivelmentul geometric de mijloc.

Din punct de vedere principal, se evidențiază următoarele particularități ale celor două feluri de nivelment:

- diferența de nivel determinată prin nivelmentul geometric de mijloc, se obține cu o precizie de 1...3 mm, în funcție de cele două citiri efectuate pe mirele din punctele considerate;

- diferența de nivel se calculează în cazul nivelmentului de capăt, între înălțimea aparatului (I), care se măsoară cu o eroare de 1...3cm și citirea pe mira din punctul a cărui cotă trebuie să fie determinată;
  - prin staționarea cu instrumentul de nivel la mijlocul distanței dintre două puncte date, se elimină, atât influența curburii pământului și a refracției atmosferice, cât și eventuala eroare produsă de neparalelismul dintre axa de vizare și directricea nivelei torice;
  - prin staționarea cu instrumentul de nivel în unul din cele două capete ale unui aliniament, se precizează că efectul erorilor menționate mai sus, este cu atât mai mare, cu cât crește distanța de la aparat la punctul de cotă necunoscută, care în general nu trebuie să depășească 150m.
- Nivelmentul geometric de mijloc, se aplică la executarea drumuirilor de nivelment sprijinite, în circuit, cu punct nodal și sub formă de poligoane, iar nivelmentul geometric de capăt, se folosește, în cazul radierilor de nivelment și a profilelor transversale.