

## 4. Měření úhlů.

### 4.1 Základní pojmy

4.1.1 Zákonné měřicí jednotky.

4.1.2 Vodorovný úhel, směr.

4.1.3 Svislý úhel, zenitový úhel.

### 4.2 Teodolity

4.2.1 Součásti.

4.2.2 Čtecí pomůcky optickomechanických teodolitů.

4.2.3 Elektronické teodolity, totální stanice.

4.3 Měření ve dvou polohách dalekohledu.

4.4 Osové podmínky, chyby při měření úhlů.

4.5 Postup při měření vodorovného úhlu

4.6 Postup při měření zenitového úhlu.

## 4.1 Základní pojmy.

### 4.1.1 Zákonné měřicí jednotky.

Jsou dány ČSN ISO 1000 (Jednotky SI a doporučení pro užívání jejich násobků a pro užívání některých dalších jednotek, 1997).

Jednotkou SI je radián (rad), odvozenými jednotkami jsou stupeň ( $^{\circ}$ ), gon (nebo grad,  $^g$ ). Při měření se využívají hlavně grady.

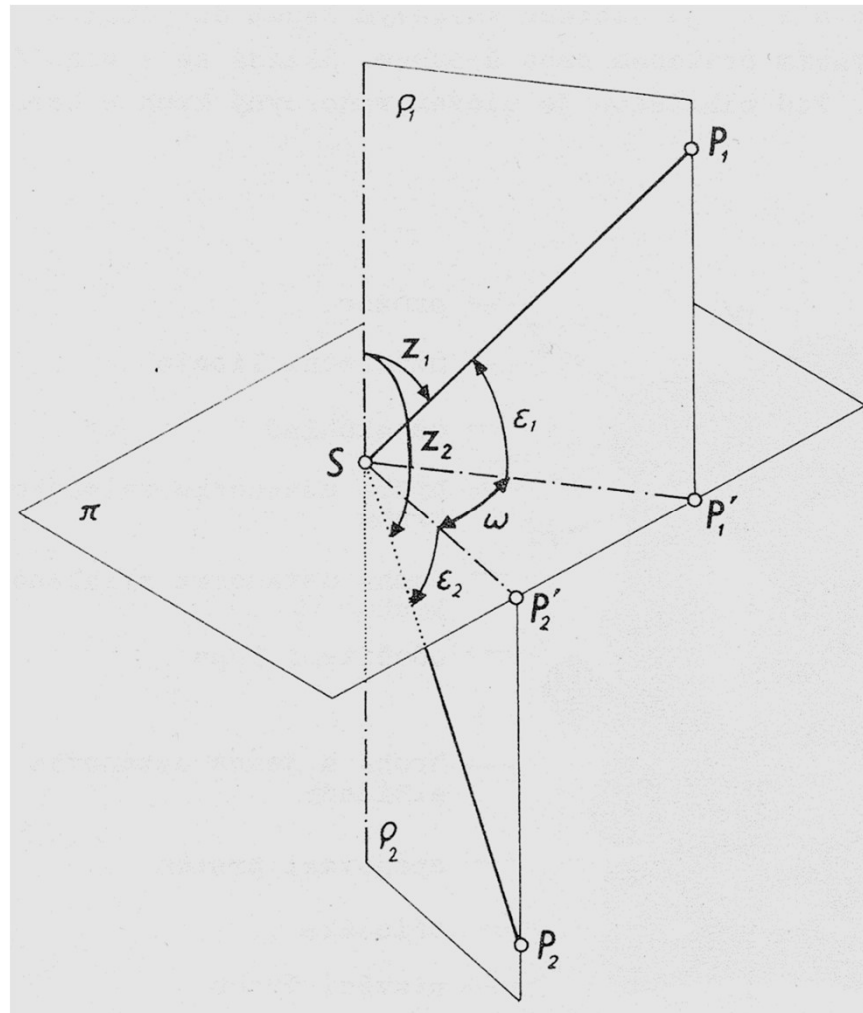
	Plný úhel	Pravý úhel	Části	
Radián	$2\pi$	$\pi/2$	---	
Stupeň	$360^{\circ}$	$90^{\circ}$	$1' = 1^{\circ}/60$	$1'' = 1^{\circ}/3600$
Grad	$400^g$	$100^g$	$1^c = 1^g/100$	$1^{cc} = 1^g / 10000$

## 4.1 Základní pojmy.

### 4.1.2 Vodorovný směr, úhel.

Vodorovný směr je směr průsečnice svislé roviny proložené bodem S a P a vodorovné roviny proložené bodem S.

Vodorovný úhel je úhel sevřený průsečnicemi svislých rovin  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  a vodorovné roviny  $\pi$

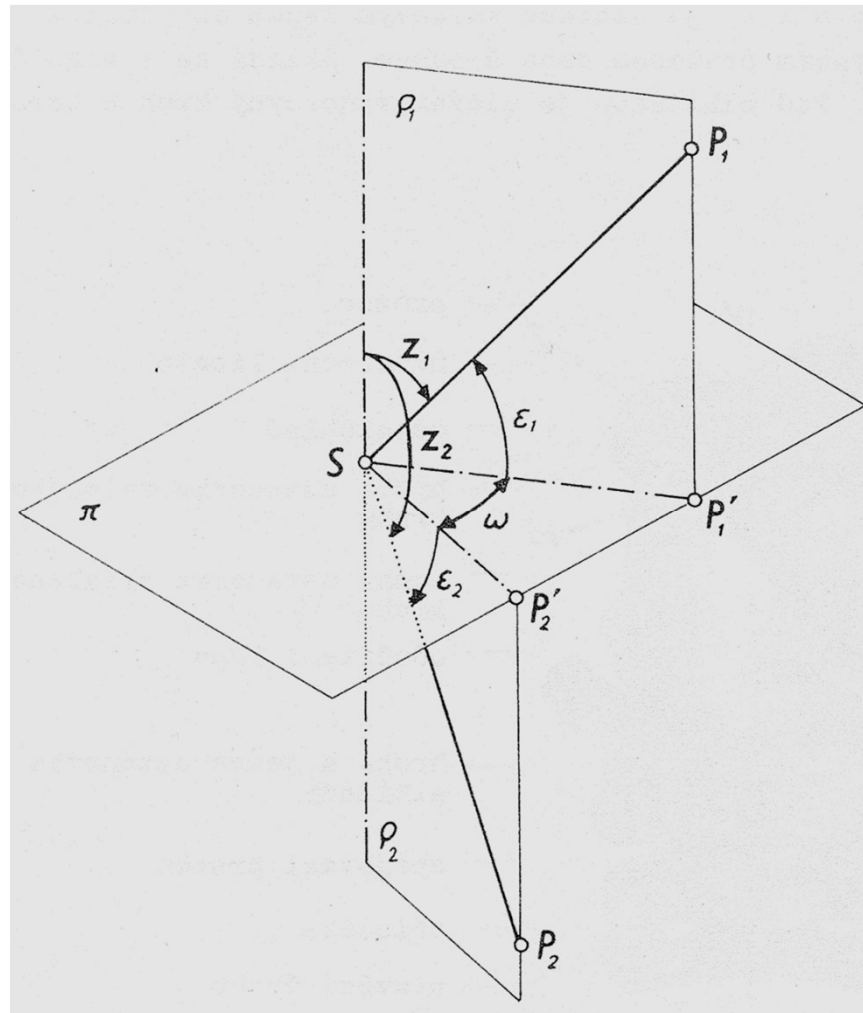


## 4.1 Základní pojmy.

### 4.1.3 Svislý úhel, zenitový úhel.

Svislý úhel je úhel ve svislé rovině  $\rho$  měřený od průsečnice s vodorovnou rovinou ke spojnici bodů S a P. Výškový +, hloubkový -.

Zenitový úhel je úhel ve svislé rovině  $\rho$  měřený od svislice ke spojnici bodů S a P



## 4.2 Teodolity.



## 4.2 Teodolity.



## 4.2 Teodolity.



## 4.2 Teodolity.





## 4.2 Teodolity.

### Dělení dle konstrukce:

- a) optickomechanické
- b) elektronické – většinou mají dálkoměr.

Hlavní součásti mají stejné, liší se konstrukcí a způsobem čtení a dalšími možnostmi.

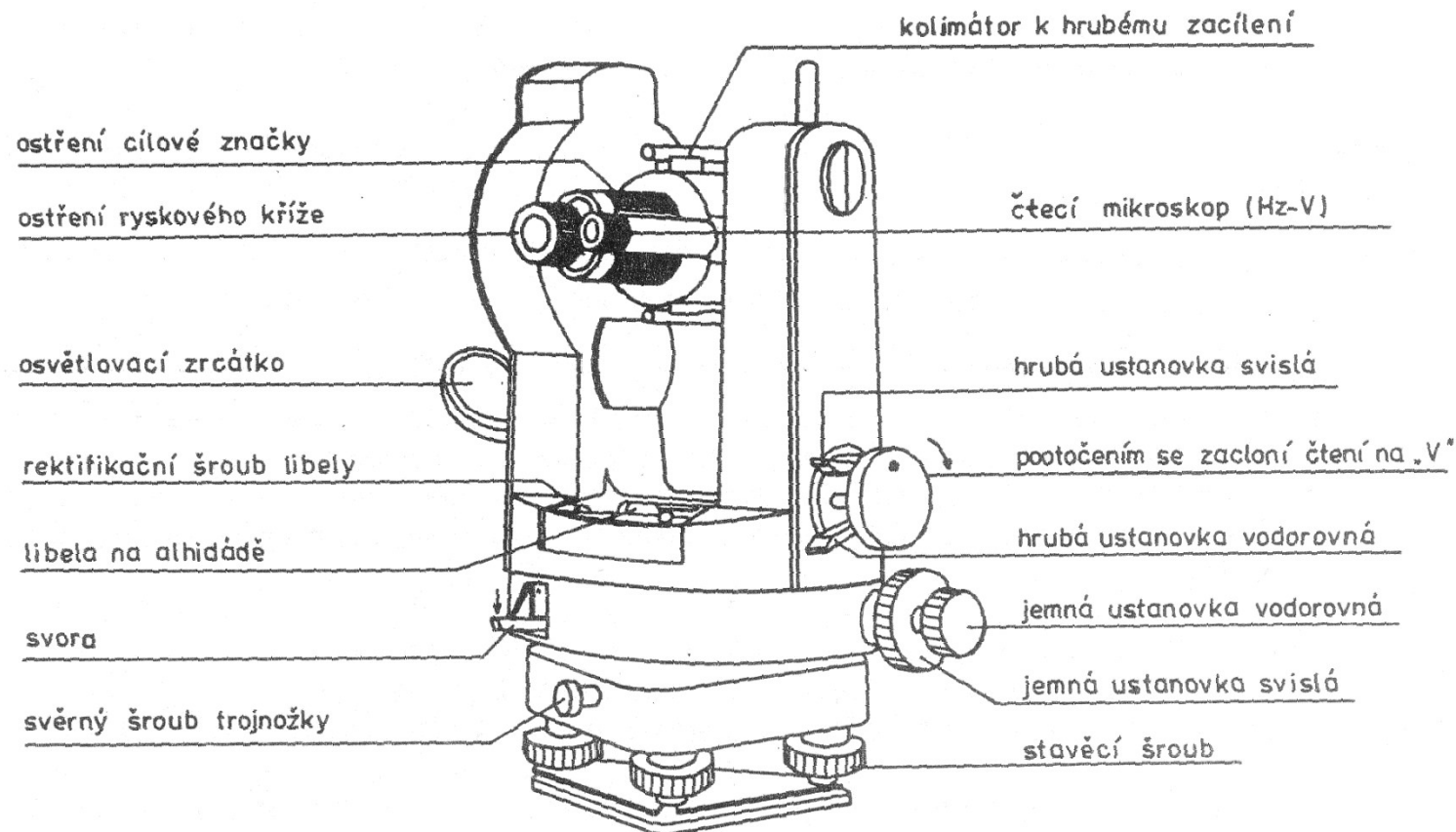
### Dělení dle přesnosti:

- a) minutové teodolity – nejmenší dílek stupnice je 1 nebo 2 minuty (šedesátinné nebo setinné)
- b) vteřinové teodolity - nejmenší dílek stupnice je 1 nebo 2 vteřiny (šedesátinné nebo setinné)
- c) triangulační – nejpřesnější, lze číst desetiny vteřiny

## 4.2 Teodolity.

### 4.2.1 Součásti

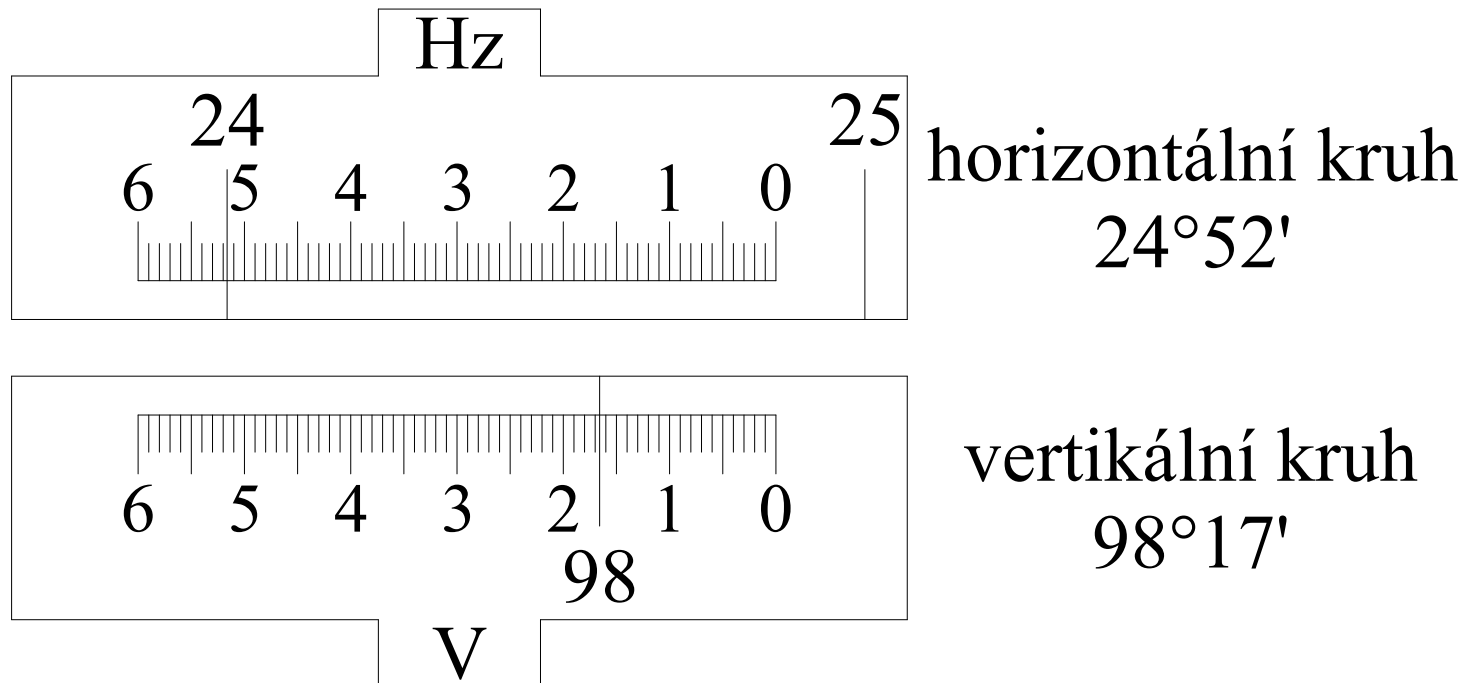
#### Minutový teodolit Zeiss Theo 020 A/B



## 4.2 Teodolity.

### 4.2.2 Čtecí pomůcky optickomechanických teodolitů

Mřížka (jednotky - stupně):

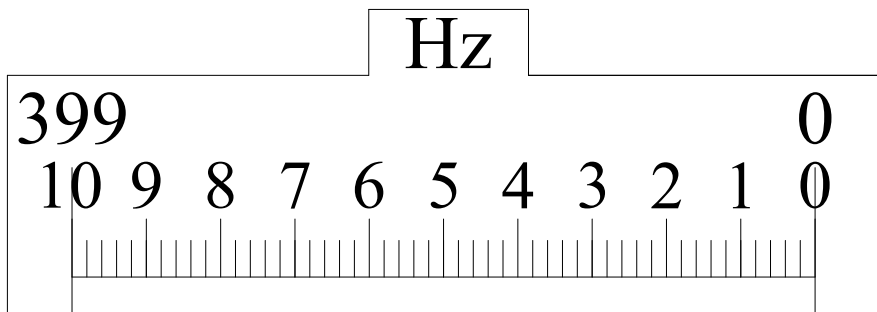


Čtení se provádí na jednom místě kruhu, v zorném poli mikroskopu je obraz stupnice a mřížka. Její velikost je jeden dílek stupnice ( $1^\circ$  nebo  $1^g$ ).

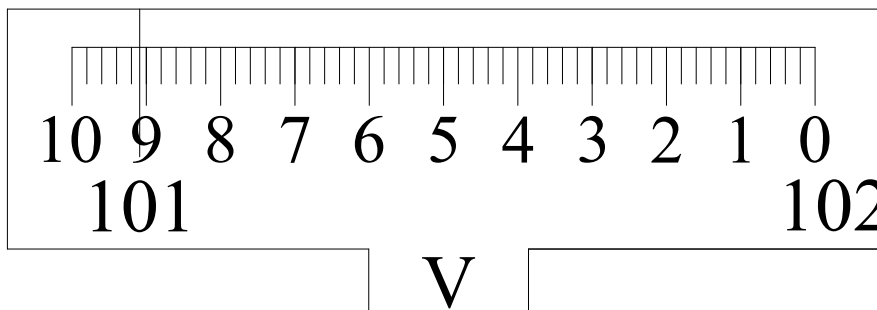
## 4.2 Teodolity.

### 4.2.2 Čtecí pomůcky optickomechanických teodolitů

Mřížka (jednotky - grady):



horizontální kruh  
0,00g



vertikální kruh  
101,91g

Další čtecí pomůcky (např. koincidenční optický mikrometr) jsou již nad rámec výuky.

## 4.2 Teodolity.

### 4.2.3 Elektronické teodolity, totální stanice.

Úhlové hodnoty se spolu s dalšími informacemi zobrazují v digitální formě na alfanumerických displejích. Naměřená data mohou být ukládána na paměťová média včetně vkládání popisných nebo číselných informací.

Některé elektronické teodolity jsou motorizované a umožňují samočinné cílení přístroje.

Výrobci – např. Trimble, Leica, Topcon, Zeiss, Nikon.

Elektronické teodolity mají často vestavěný i elektronický dálkoměr, mohou tedy měřit i délky.

Tento typ přístroje se nazývá totální stanice.

## 4.3 Měření ve dvou polohách dalekohledu.

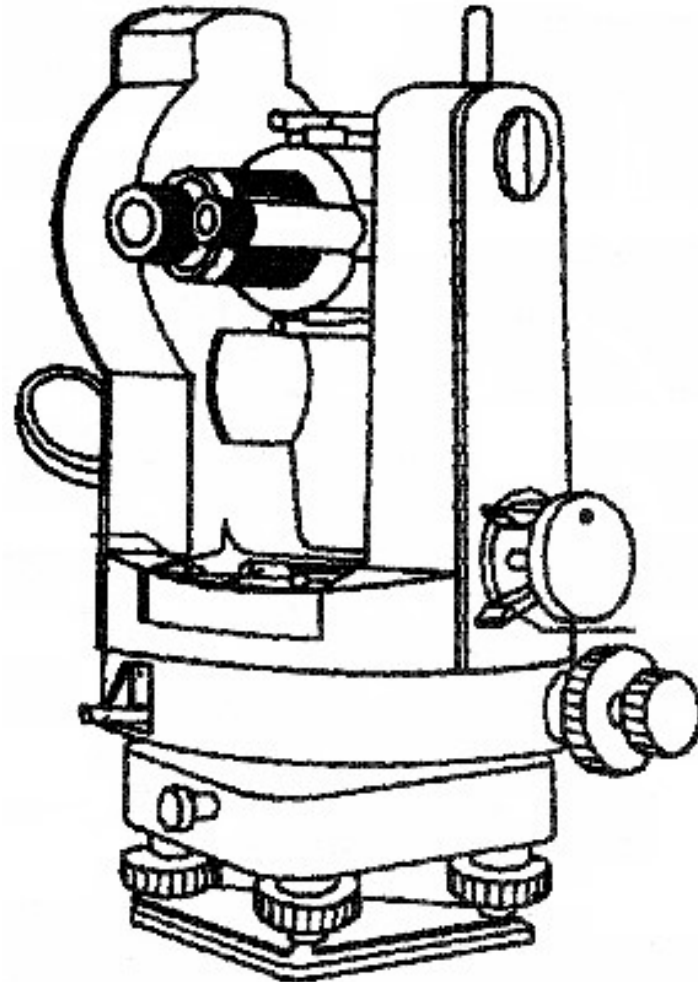
Základní jednotkou měření je jedna skupina (odstranění některých přístrojových chyb), tj. měření ve dvou polohách dalekohledu.

I.poloha - svislý kruh vlevo,  
II.poloha - svislý kruh vpravo.

V ideálním případě platí :

$$\varphi_I - \varphi_{II} = \pm 200^g,$$

$$z_I + z_{II} = 400^g.$$



## 4.4 Osové podmínky, chyby při měření úhlů.

Před měřením musí být přístroj správně zcentrován a zhorizontován (postup úpravy přístroje na stanovisku je obsahem cvičení), dále musí splňovat tzv. osové podmínky. Na měření mají vliv také další konstrukční chyby a chyby způsobené měřičem.

### Osové podmínky :

1. Osa libely  $L$  je kolmá k vertikální ose  $V$ , tj.  $L \perp V$  (nevyloučí se měřením ve dvou polohách).
2. Záměrná osa  $Z$  je kolmá k vodorovné ose (točná osa dalekohledu)  $H$ , tj.  $Z \perp H$  (kolimační chyba, vyloučí se měřením ve dvou polohách).
3. Vodorovná osa  $H$  je kolmá na vertikální osu  $V$ , tj.  $H \perp V$  (úklonná chyba, vyloučí se měřením ve dvou polohách).

## 4.4 Osové podmínky, chyby při měření úhlů.

### Další chyby přístroje:

#### *Excentricita záměrné roviny*

Dalekohled umístěn necentricky, záměrná rovina neprochází vertikální osou a při otáčení alhidády bude mít od vertikální osy stále stejnou vzdálenost. Vyloučí se měřením v obou polohách.

#### *Excentricita alhidády*

Vertikální osa neprochází středem vodorovného kruhu. Odstraní se čtením na dvou protilehlých místech vodorovného kruhu (konstrukce přístroje).  
Nestejněměrné dělení vodorovného kruhu  
Vliv této chyby se sníží opakovaným měřením vodorovného úhlu vždy na jiném místě kruhu (měření ve více skupinách).



## 4.4 Osové podmínky, chyby při měření úhlů.

### Chyby z nepřesného postavení přístroje a cíle :

*Nesprávná horizontace přístroje* - vertikální osa V není svislá. Nelze vyloučit měřickou metodou.

*Nesprávná centrace přístroje* - vertikální osa V neprochází stanoviskem. Na kratší záměru má tato chyba větší vliv, nelze vyloučit měř. metodou.

*Nesprávná centrace cíle*

*Nepevné postavení přístroje* - při měření se pohybuje přístroj. Nutno dobře zašlapovat nohy do země, pevně utahovat šrouby na nohách stativu, a svěrný šroub na hlavě stativu. Může docházet ke kroucení stativu vlivem oslunění, je vhodné chránit stativ i přístroj slunečníkem.

## 4.4 Osové podmínky, chyby při měření úhlů.

### Chyby měřiče :

Chyba v cílení - chyba vzniká nepřesným nastavením ryskového kříže na cíl. Tato chyba závisí na mnoha okolnostech, např. na vlastnostech dalekohledu (zvětšení, jednoduchá nebo dvojitá ryska u ryskového kříže), na vlastnostech cíle (velikost, barva, tvar, osvětlení), na stavu ovzduší (mlha, chvění teplého vzduchu nad terénem), na schopnostech měřiče (zraková schopnost, zkušenost, únava).

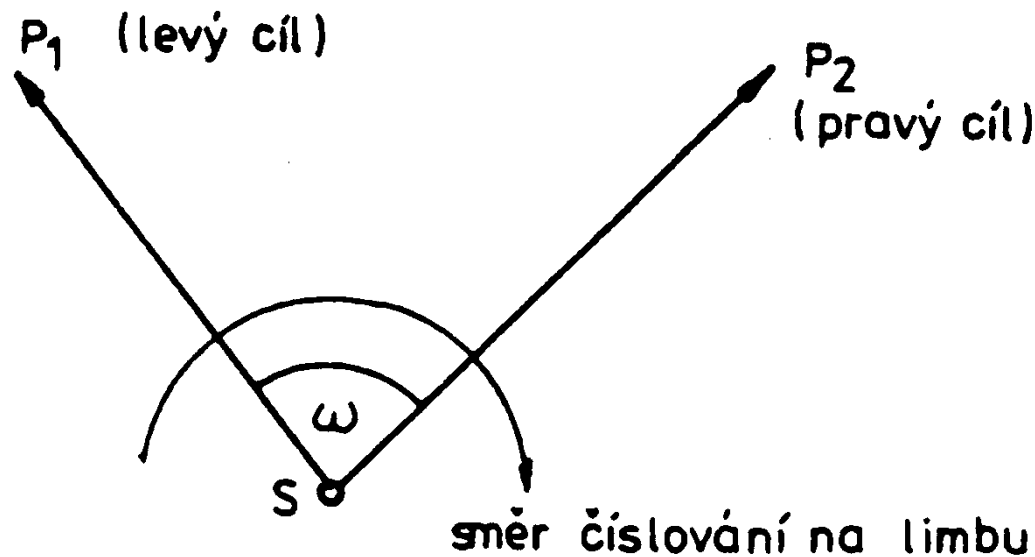
Chyba ve čtení - chyba závisí na velikosti nejmenšího dílku stupnice, odečítací pomůcce, rozlišovacích schopnostech oka atd.

## 4.5 Postup při měření vodorovného úhlu.

Měření vodorovného úhlu v 1 skupině

Po centraci a horizontaci zacílíme v I. poloze dalekohledu na levý cíl  $P_1$ , čtení vodorovného kruhu se zapíše do zápisníku. Otočíme alhidádou po směru hodinových ručiček, zacílíme na pravý bod  $P_2$  a čtení zapíšeme. Proložíme dalekohled do II. polohy, zacílíme nejprve na pravý cíl  $P_2$ , přečteme a zapíšeme.

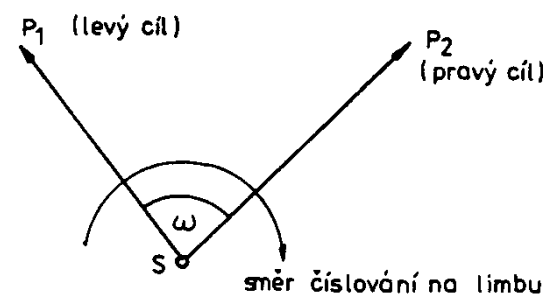
Poté otáčíme proti směru hodinových ručiček, zacílíme na levý cíl  $P_1$ , přečteme a zapíšeme.



# 4.5 Postup při měření vodorovného úhlu.

## Měření vodorovného úhlu v 1 skupině - zápisník

Stanišisko		Směr na bod č.	Vodorovné směry							
číslo (1)	výška struže (2)		Poloha (4)	1. skupina		Průměr prostý rodek. (6)	2. skupina		Průměr prostý rodek. (8)	(5) + (8) 2 (9)
				(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		
S		P <sub>1</sub>	I d <sub>1</sub>		ø1-4					
			II d <sub>4</sub>							
		P <sub>2</sub>	I d <sub>2</sub>		ø2-3					
			II d <sub>3</sub>							
2		1	I 72 18		18 50					
			II 272 19							
		3	I 186 91		91 25					
			II 386 91 50				114	72	75	
6		5	I 0 00		99 00					
			II 199 98							
		7	I 164 27		26 50					
			II 364 26				164	27	50	
10		9	I 341 00 25		59 48					
			II 160 59 12							
		11	I 107 42 06		41 38					
			II 287 41 10				126	41	50	



## 4.5 Postup při měření vodorovného úhlu.

### Měření osnovy vodorovných směrů v 1 skupině

Stanovisko		Směr na bod č.	Položka	Vodorovné směry							
číslo	výška stroje			1. skupina		Průměr prostý reduk.	2. skupina		Průměr prostý reduk.	(6) + (8) 2	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		(6)	(7)		(8)	(9)	
5	11	I		0	03	03	50				
		II	200	04	00	00				0	00
	12	I		18	28	28	50				
		II	218	29	25	00				18	25
	13	I		113	76	77	00				
		II	313	78	73	50				113	73
	11	I		0	03	50	03	75			
		II	200	04	00	25				0	00

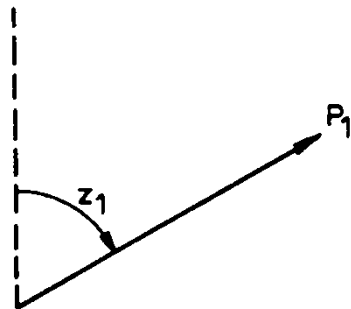
Pozn. : Při měření vodorovný kruh zůstává nehybný a otáčí se alhidáda s odečítacími značkami (indexy).

## 4.6 Postup při měření zenitového úhlu.

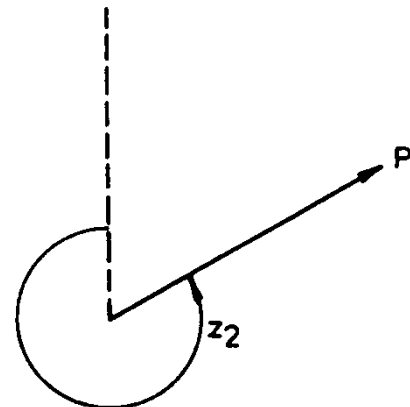
Při sklápění dalekohledu se otáčí svislý kruh, ale odečítací značky zůstávají pevné a při odečtení by měly být ve vodorovné poloze. Jejich správnou polohu zajišťuje indexová libela nebo dnes častěji kompenzátor, který pracuje automaticky.

Po centraci a horizontaci zacílíme v 1. poloze dalekohledu na  $P_1$ , čtení svislého kruhu  $z_1$  se zapíše do zápisníku. Proložíme dalekohled do 2. polohy, zacílíme na cíl  $P_1$  přečteme čtení  $z_2$  a zapíšeme.

1. poloha



2. poloha



## 4.6 Postup při měření zenitového úhlu.

Zápisník :

Bod		Zenitové vzdálenosti z				
Výška cílové značky	Poloha	Zápis			z	
(10)	(11)	(12)			(13)	
p	I	z <sub>1</sub>			z	
	II	z <sub>2</sub>				
	Σ				i =	
g	I	92	40		92	39
	II	307	62			
	Σ	400	02		i = +0,019	
10	I	91	15		91	15 50
	II	308	84			
	Σ	399	99		i = -0,005	

Vzorce :

Indexová chyba :

$$i = \frac{z_1 + z_2 - 4R}{2}$$

Výsledný zenitový úhel :

$$z = z_1 - i$$

☺ KONEC ☺