

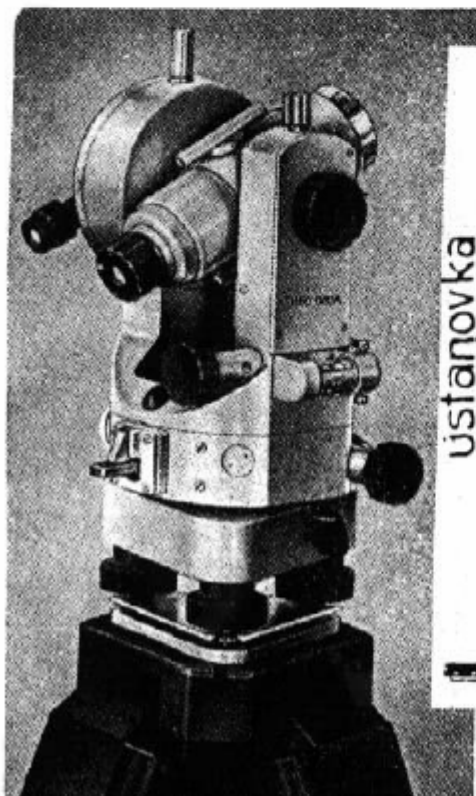
Teodolit

Teodolit je přístroj, pomocí kterého lze měřit :

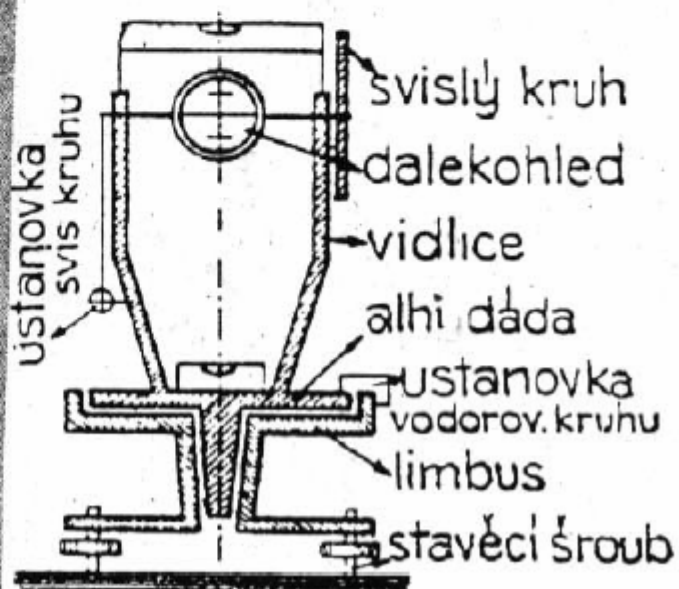
- a) vodorovné úhly
- b) svislé úhly
- c) zjišťovat vzdálenosti
- d) provádět nivelaci

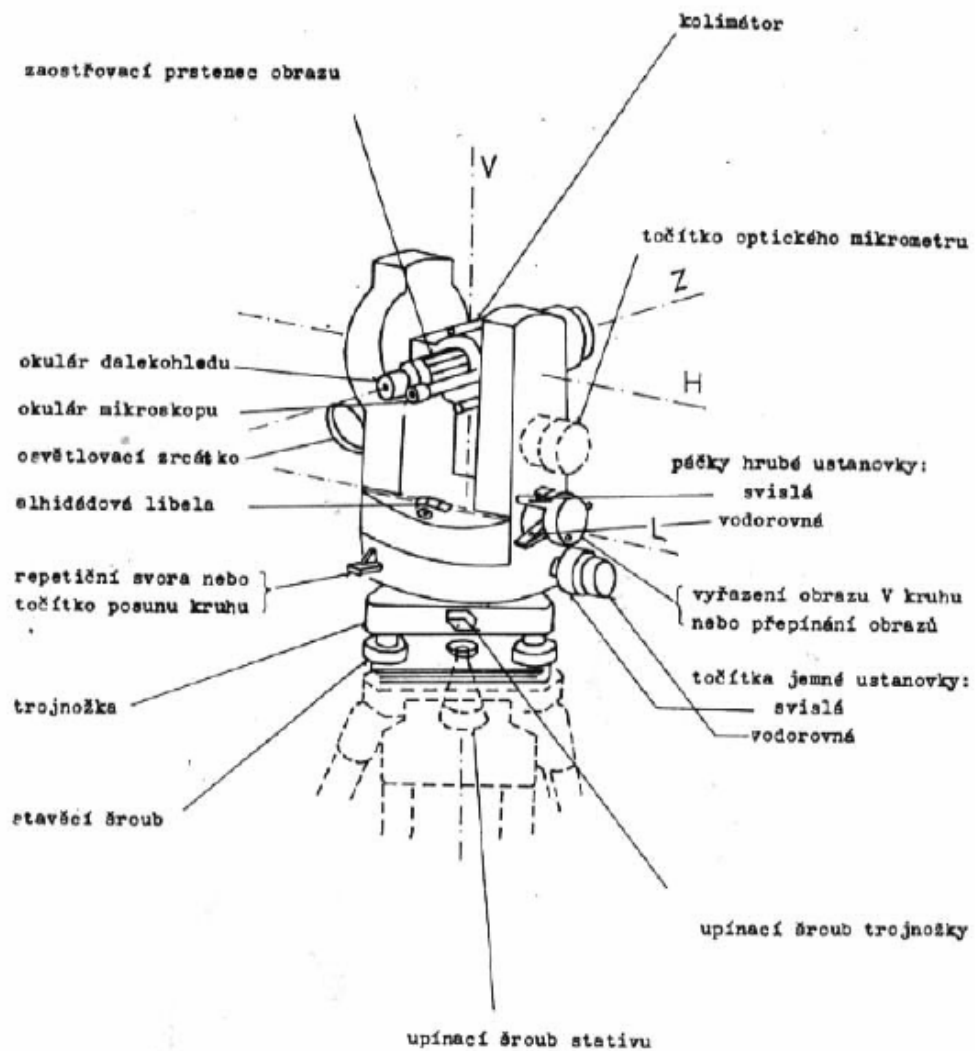
Z konstrukčního hlediska můžeme mluvit o velmi dokonalých optických přístrojích, které mohou být rozmanité konstrukce. Optické součásti, které jej spolu s dalšími konstrukčními celky tvoří jsou účelně sestaveny k optimálnímu využití.

Na obr. je pohled na teodolit zn. Zeiss Theo 080 A, konstrukční náčrt zobrazuje popis teodolitu Zeiss Theo 020 řady A, B. (str. 98)



schema teodolitu.

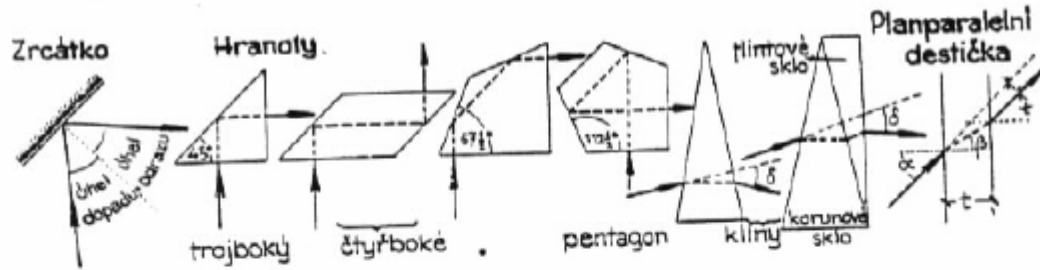




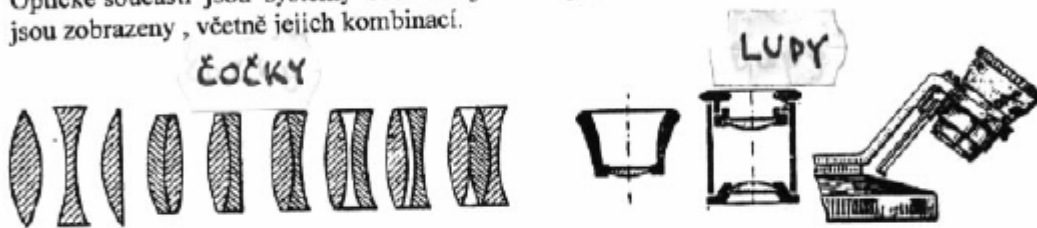
Optické součásti teodolitu

Optické součásti teodolitu můžeme rozdělit na prvky optické a optické systémy.

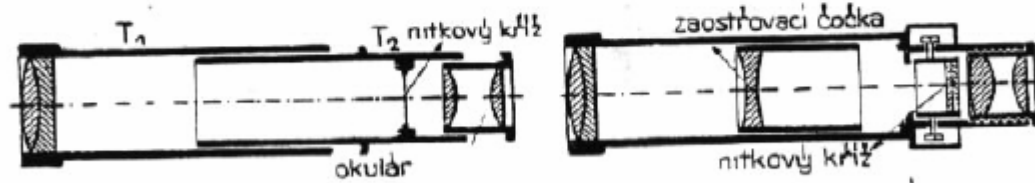
Optické prvky jsou zobrazeny na následujícím obr.



Optické součásti jsou systémy čoček. Zejména lupa, mikroskop, dalekohled. Druhy čoček jsou zobrazeny, včetně jejich kombinací.



Dalekohledy mohou mít konstrukci s konstantní nebo s proměnnou délkou. Jejich konstrukce je patrná z obr.

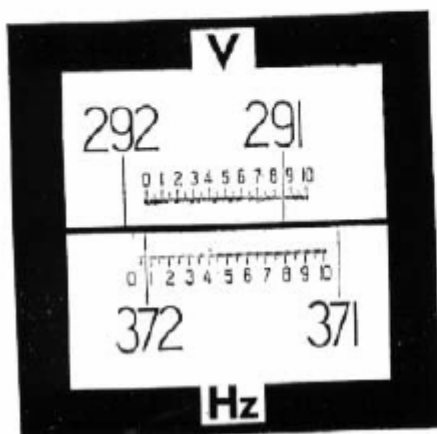


V zorném poli dalekohledu jsou zabudován nitkový kříž, který slouží k přesnému zaměření. Může mít různý tvar.



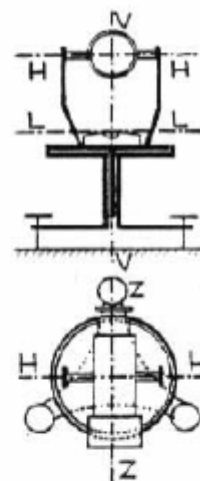
Pro správnou činnost a přesné měření musí být přístroj vybaven prostředky k odečítání (čtení) hodnot úhlů.

Nejčastěji se používá vernier. Na obr. je uveden příklad vernieru z přístroje Theo O20 B. Důležité je zejména naučit se hodnoty odečítat.



Příklad čtení úhlů

V ...	avislý úhel	
Hrubé čtení ...	291 ^g	
Jemné čtení ...	0,86 ^g	
Výsledné čtení ...	291,86 ^g	
H ...	vodorovný úhel	
Hrubé čtení ...	372 ^g	
Jemné čtení ...	0,03 ^g	
Výsledné čtení ...	372,03 ^g	



Teodolit musí dále vyhovovat zejména těmto podmínkám :

1. osa dalekohledu (H—H) musí být kolmá k záměrné přímce čili k ose kolimační (Z—Z),
2. osa alhydády (V—V) musí být svislá a osa dalekohledu (H—H) vodorovná, tudíž musí být navzájem kolmé,
3. osa libely sázecí nebo jiné (L—L) musí být kolmá k ose alhydádové (V—V).

Kromě těchto podmínek jsou ještě další podmínky, podružnější.

Úprava teodolitu na stanovišti

Teodolit je přístroj, který vyžaduje dokonalé, přesné a šetrné zacházení. Pro všechna nutná nastavení jsou na přístroji ustanovky a šrouby. Žádný úkon s přístrojem a jeho manipulací nesmí být prováděn násilím.

Před měřením je nutné na stanovišti provést tyto úkony:

- 1) Hrubá centrace přístroje - jde o hrubé dostředění přístroje, kdy přístroj postavíme takřka nad bod, ze kterého provádíme měření.
- 2) Hrubá horizontace přístroje - stativ postavíme tak, aby jeho hlava byla co nejvíce vodorovná.
- 3) Jemná centrace přístroje - spočívá v postavení přístroje právě nad bod, ze kterého provádíme měření. Toho docílíme tím, že na závěs - háček, který je na upínacím šroubu, zavěšíme olovnici. Ta musí spočinout těsně nad bodem. Přesnost centrování má být s přesností na 0,005 m. Maximální přesnosti docílíme pomocí centrační tyče. Po jemné centraci utáhneme upínací šroub. Polohu ověříme pomocí optického dostředěvače.
- 4) Jemná horizontace přístroje - je urovnání teodolitu do přesné vodorovné polohy, za pomoci stavěcích šroubů trojnožky a za využití libely alhídady.

Máme-li takto upraven přístroj, můžeme přikročit k měření.

Měření vodorovných úhlů

Měření vodorovných úhlů se provádí zpravidla pomocí teodolitu. Nivelačního přístroje používáme zřídka, i když je opatřen vodorovným kruhem.

Průběh měření můžeme rozdělit do fází :

- 1) Příprava přístroje na stanovišti - jde o provedení vpředu popsaných úkonů, t.j. centrace a horizontace přístroje.
- 2) Přístroj uvedeme do první polohy, t.j. svislý (vertikální) kruh se nachází na levé straně přístroje, ve směru zaměřování. Druhou polohou nazýváme postavení přístroje tak, že svislý kruh je vpravo.
- 3) Zacílení na bod - má řadu kroků:
 - a) uvolníme obě hrubé ustanovky, t.j. vodorovného i svislého směru.
 - b) Jednou rukou držíme dalekohled u okuláru, druhou rukou ovládáme vodorovnou ustanovku (hrubou, klínovou)
 - c) Zacílíme pomocí kolimátoru (hledáčku) na cíl a utáhneme vodorovnou ustanovku.
 - d) Současně také utáhneme ustanovku svislého kruhu.
 - e) Nejprve zaostříme nitkový kříž pomocí okuláru, poté zaostříme obraz pomocí prstence.
- f) Jemnou ustanovkou svislého a vodorovného směru navedeme vlákno nitkového kříže přesně na cíl.

Tímto je zacíleno.

POZOR ! Od této chvíle je nutno pracovat obezřetně, nesmíme s přístrojem pohnout nebo jinak nešetrně zacházet. Pro případ nepříznivého počasí musíme přístroj před nepříznivým počasím chránit.

Měření vodorovných směrů (úhlů)

Vodorovné směry měříme pomocí vodorovného kruhu. V praxi měříme povětšinou od nulového směrníku. Souhrn všech směrníků se nazývá osnova směrníků. Směrníky zaměřujeme zleva doprava.

Nulový směrník zaměříme tak, že si nejprve na vodorovném kruhu nastavíme hodnotu blízkou nule (o něco větší hodnota než nula). Pomocí repetiční svorky sepneme kruh a celý přístroj otočíme to požadovaného směru nulového směrníku. Po přesném zacílení repetiční svorku uvolníme.

Postupně zaměříme všechny směrníky v kruhu a uzavíráme opětovně na nulovém směrníku.

Tomuto způsobu říkáme měření v řadách a skupinách. Provádí se proto, aby bylo dosaženo co nejpřesnějších výsledků měření.

Za první řadu považujeme měření v první poloze od hodnoty blízké nule.

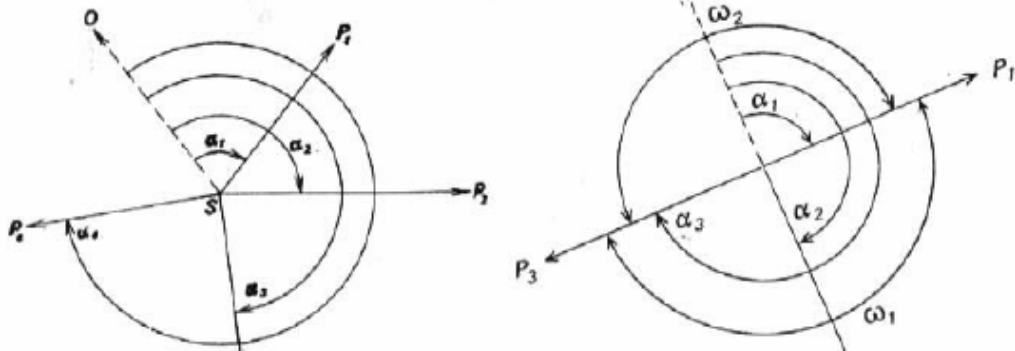
Druhá řada je měření přístrojem v druhé poloze, stejným způsobem, jako v prvním řadu.

První a druhý řad tvoří dohromady 1 skupinu.

Druhá skupina se měří obdobně, ale namísto nuly je výchozím směrníku (nulovému) přiřazena hodnota blízká 100 g nebo 90 °.

Pokud měříme v dalších skupinách, výchozí měření opětovně posuneme o čtvrt kruhu.

Z obr. je zřejmý postup a výpočet.



Výsledky měření zapisujeme do zápisníku. Záznamy zpravidla jej doplňujeme náčrtem směrnic. Výpočet zápisníku provádíme v kanceláři.

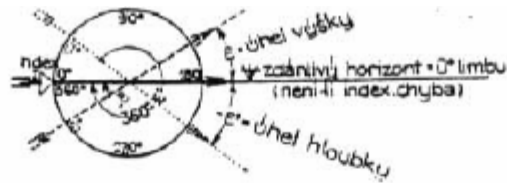
Zápisník měřených vodorovných úhlů

Momentální:		Stavčík: <i>svatý</i>		Theoret: <i>sv. 100. k. 1951</i>							
Jméno a číslo žele: <i>11</i>		CI: <i>sv. 100. k. 1951</i>		Přístroj na <i>sv. 100. k. 1951</i>							
Měří: <i>10. 10. 1951</i>		Star. poř. č.: <i>100. 100</i>		Star. poř. č.: <i>100. 100</i>							
Zob. no	II	Přímé měření		Přímé měření		Stavčík	Stavčík	Stavčík	Stavčík	Stavčík	Stavčík
		.. I. stupně	.. II. stupně	.. I. stupně	.. II. stupně						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
P_0	I	0	10	00	15	100	10	00			
	II	100	10	00	00	0	10	00			0
P_1	I	63	19	30	19	243	19	30			
	II	243	19	30	19	63	19	30			63
P_2	I	109	26	00	26	219	26	00			
	II	219	26	00	26	109	26	00			109
P_3	I	162	32	00	32	2	63	00			
	II	2	63	00	32	162	32	00			162
P_4	I	250	37	00	37	71	51	00			
	II	71	51	00	37	250	37	00			250
P_5	I	0	40	30	40	100	40	30			
	II	100	40	30	40	0	40	30			0
	I										
	II										
P_6	I	0	10	00	10	100	10	00			
	II	100	10	00	00	0	10	00			0
P_7	I	63	19	00	19	63	19	00			
	II	19	63	00	19	63	19	00			63
P_8	I	104	36	00	36	204	36	00			
	II	204	36	00	36	104	36	00			104
P_9	I	162	32	00	32	2	63	00			
	II	2	63	00	32	162	32	00			162
P_{10}	I	250	37	00	37	71	51	00			
	II	71	51	00	37	250	37	00			250
P_{11}	I	0	40	30	40	100	40	30			
	II	100	40	30	40	0	40	30			0

tabulka 1. 1. 10. 1951

Ústřední úřad zeměměřičství a katastru

Měření svislých úhlů



Svislé úhly měříme většinou v obou polohách, aby se eliminovala nepřesnost přístroje a chyb. Při rychlém, nepřliš přesném měření měříme pouze v jedné poloze.

Před započítím měření stanovíme výšku přístroje nad bodem. Další kroky centrace a horizontace provádíme jako u měření vodorovných úhlů. Tato výška je kolmá vzdálenost od hlavy stabilizovaného bodu až po horizontální rysku nitkového kříže.

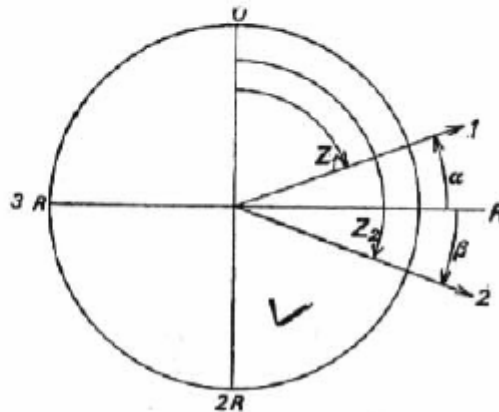
Při měření svislých úhlů odpadá nastavování nulové polohy.

Svislý úhel je úhel, který svírá záměrná přímka, která leží ve svislé rovině se směrem vodorovným, nebo svislým. Svislý úhel měřený od svislice (nadhlavníku) se nazývá zenitová vzdálenost. Úhel nad vodorovnou rovinou je úhel výškový, pod vodorovnou rovinou potom úhel hloubkový.

Nákres na obr. výklad dokresluje.




$$\alpha = R - Z_1,$$

$$\beta = Z_2 - R.$$



O postupu měření vedeme zápisník, který dopočítáváme v kanceláři. Způsob je patrný z tabulky.

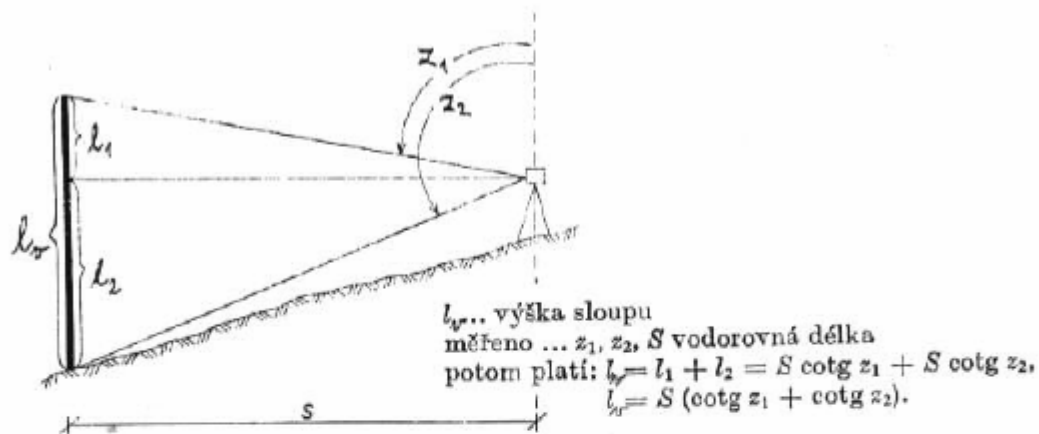
Zápisník měření svislých úhlů

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)			(6)			(7)			(8)		
Základní triangulační list 17	Číslo a název cíle	Cílová značka (náčrt)	U každého cíle měří se II. poloha ihned po I. poloze	Skupina		Průměr	Kontrola (I+II)			Svislý úhel $\epsilon = 100^\circ - z$					
Číslo a název bodu □ 126 Hůrka				1	2		2z =			Zenitový úhel z					
				g	c	cc	c	cc	g	c	cc	g	c	cc	
Stanovisko : centrické	△ 424		I.	96	39	22	39	19	399	99	44	+ 3	60	53	
Měřil: XY			II.	303	60	22	60	25	192	78	94	96	39	47	
Měřeno dne : 3. 3. 1985 od 10 ³⁰ do 11 ⁰⁰	□ 426		I.	99	04	77	04	70	400	00	53	+ 0	95	57	
teodolitem : Zeiss Theo 010			II.	300	95	77	95	83	198	08	87	99	04	44	
Teodolit postaven na stativ	□ 427		I.	109	82	33	82	23	399	99	67	- 9	82	40	
Stav povětrnosti zataženo			II.	290	17	34	17	44	219	64	73	109	82	40	
Výška nad: stabilizačním kamenem 1,48 m															

Trigonometrické určování výšek

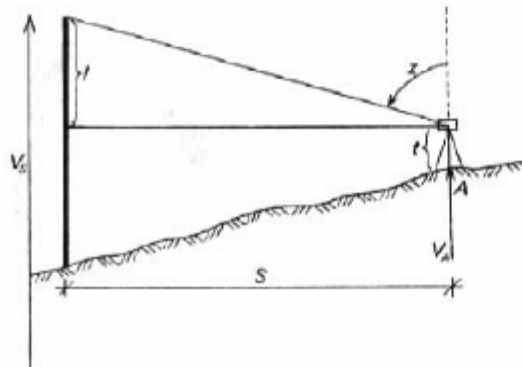
Při trigonometrickém určování výšek používáme teodolit.
Při měření zjišťujeme zenitový úhel (od svislé přímky) a musíme znát vodorovnou vzdálenost od teodolitu k měřenému objektu.

Měření výšky objektu je patrné z obr.



Při určení nadmořské výšky objektu postupujeme následovně.
Je dána nadmořská výška bodu A, t.j. V_A

měřeno ... S — vodorovná délka
 t — výška přístroje nad bodem A
 z — zenitový úhel
potom platí: $V_S = V_A + t + l = V_A + t + S \cdot \cotg z$.



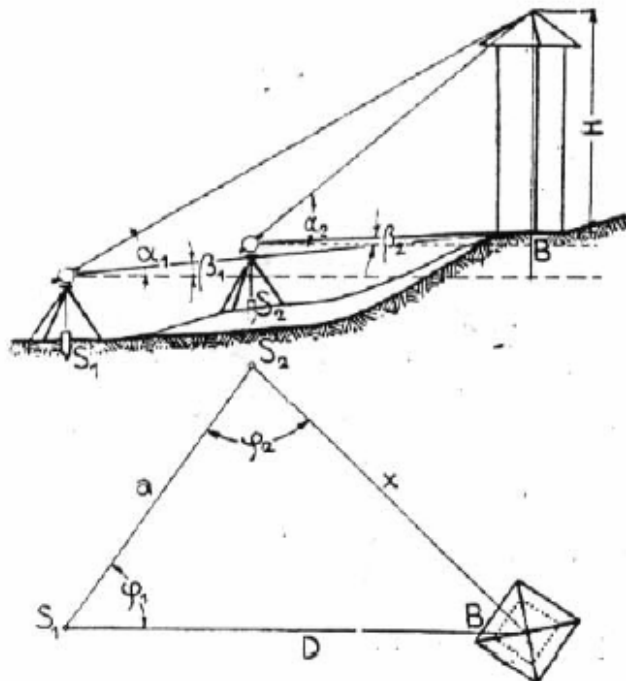
Při určení výšky, není-li možno zjistit vodorovnou vzdálenost D postupujeme následovně:

Nejprve změříme na stanovisku S_1 výškové úhly α_1, β_1 a úhel φ_1 . Pak přeneseme stroj na stanovisko S_2 , které vhodně zvolíme, a změříme úhly $\alpha_2, \beta_2, \varphi_2$. Nakonec změříme vzdálenost stanovišť $S_1 S_2 = a$, avšak velmi přesně a řešíme pomocným trojúhelníkem:

$$x = a \cdot \frac{\sin \varphi_1}{\sin (\varphi_1 + \varphi_2)}$$

$$\text{Pak výška } H = x \cdot \frac{\sin (\alpha_2 + \beta_2)}{\cos \alpha_2 \cdot \cos \beta_2}$$

Přesnost tohoto způsobu měření závisí na vzdálenosti obou stanovišek. Při větší vzdálenosti (přes 200–250 m) je již nutno zavádět opravu z refrakce (záměrný světelný paprsek není přímý, ale láme se při průchodu vzduchovými vrstvami) a ze záměny pravého a zdánlivého horizontu. Vidíme z toho, že tento způsob není naprosto přesný, a proto používáme trigonometrického měření jen v triangulaci nejnižších řádů.

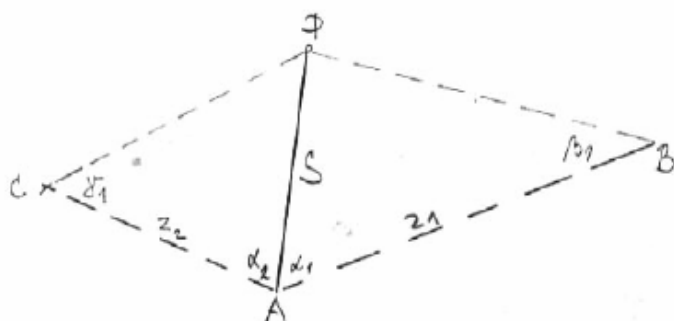


Nepřímé měření vzdáleností

Přímé měření vzdáleností je velmi zdlouhavé a do jisté míry se při něm dopouštíme celé řady chyb. Také jej vzhledem ke klimatickým podmínkám nelze vždy provádět. Proto používáme nepřímé měření vzdáleností.

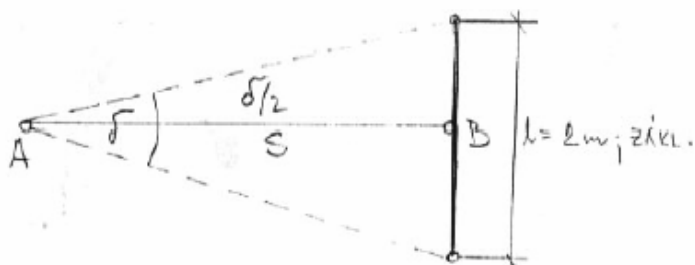
Můžeme volit různé metody:

Trigonometrická metoda (výpočet se provede ze dvou trojúhelníků)



$$\text{Platí: } S = z_1 \cdot \sin \beta_1 / \sin (\alpha_1 + \beta_1) \\ S = z_2 \cdot \sin \gamma_1 / \sin (\alpha_2 + \gamma_1)$$

Metoda paralaktická (při této metodě řešíme pravoúhlý trojúhelník)



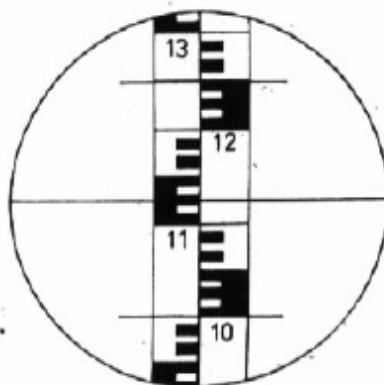
$$\text{Platí: } S = \cotg \delta / 2; \text{ pro } l = 2 \text{ m} \\ \text{obecně } S = l / 2 \cdot \cotg \delta / 2.$$

Metody optické

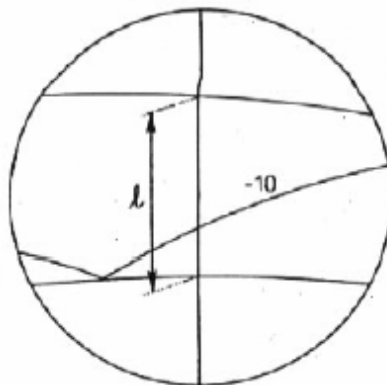
Nitková - Většina teodolitů a nivelačních přístrojů je vybavena záměrným křížem s dvěma vodorovnými distančními ryskami zv. dálkoměrné. Tyto rysky vytínají při zaměření na měřičské lati úsek ozn. l . Vodorovná vzdálenost se vypočte. $S = k \cdot l$, kde k je násobná konstanta a je rovna 100. Při sklonění měřičské latě je nutno změřit svislý úhel β . Vodorovná vzdálenost se potom vypočte ze vztahu $s = k \cdot l \cos^2 \beta$.

Zorné pole dalekohledu s nitkovým křížem je patrné z obr. Čtení v našem případě je

dolní ryska 1000
střední ryska 1124
horní ryska 1248
úsek na lati 248 mm
- vzdálenost je 24,8 m.

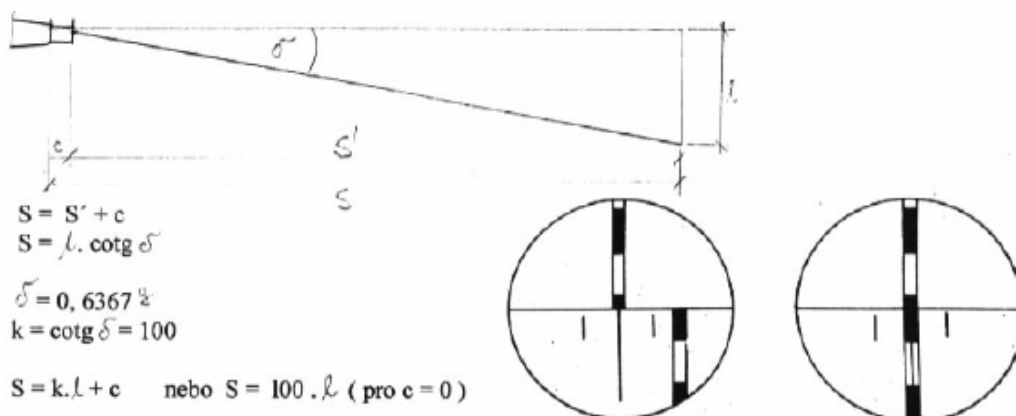


Diagramová - V zorném poli diagramových dálkoměrů jsou distanční rysky nahrazeny „diagramem“, sestávajícím z rysky základní nastavovací kružnice a jedné, případně dvou rysek dálkoměrných křivek. Latový úsek je mezi základní ryskou a dálkoměrnou ryskou a čte se vždy na průsečíku těchto rysek, se svislou ryskou. Vodorovná vzdálenost je bez ohledu na sklon latě rovna sto násobku latového úseku. Na obr. je úsek označen.



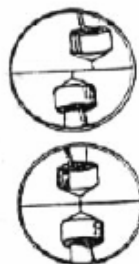
Koincidenční (dvojobrazé) - dálkoměr vytváří druhý obraz, který je vychýlený o dálkoměrný úhel, pomocí optického klínu. V zorném poli vidíme dva obrazy - normální a vychýlený.

Princip je patrný z obr.



V zorném poli se nám ztotožní obrazy poté, co otočíme stupnici a na ní čteme hodnotu S.

Obdobným způsobem pracují i invertní dálkoměry.



Otázky:

- 1) Co je teodolit a jaké je jeho využití ?
- 2) Popište základní části teodolitu !
- 3) Které optické součásti teodolitu znáte ?
- 4) Které zaměřovací prvky jsou na teodolitu užity ?
- 5) Vysvětlete konstrukci nitkového kříže a k čemu slouží ?
- 6) Popište úpravu teodolitu na stanovišti !
- 7) Popište provedení centrace a horizontace přístroje!
- 8) Jakým způsobem se postupuje při měření úhlů vodorovných ?
- 9) Jak měříme úhly svislé ?
- 10) Jakou vedeme dokumentaci úhlových měření ?
- 11) Které metody trigonometrického zjišťování výšek znáte ?
- 12) Jakým nepřímým způsobem zjišťujeme vzdálenosti ?