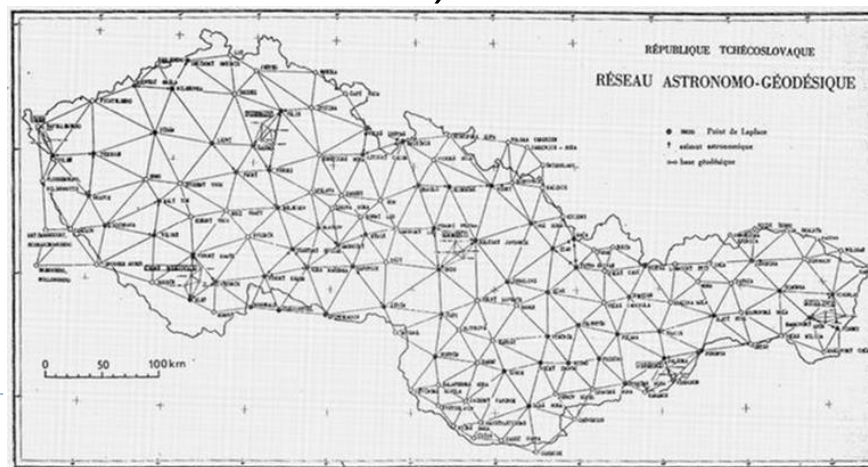


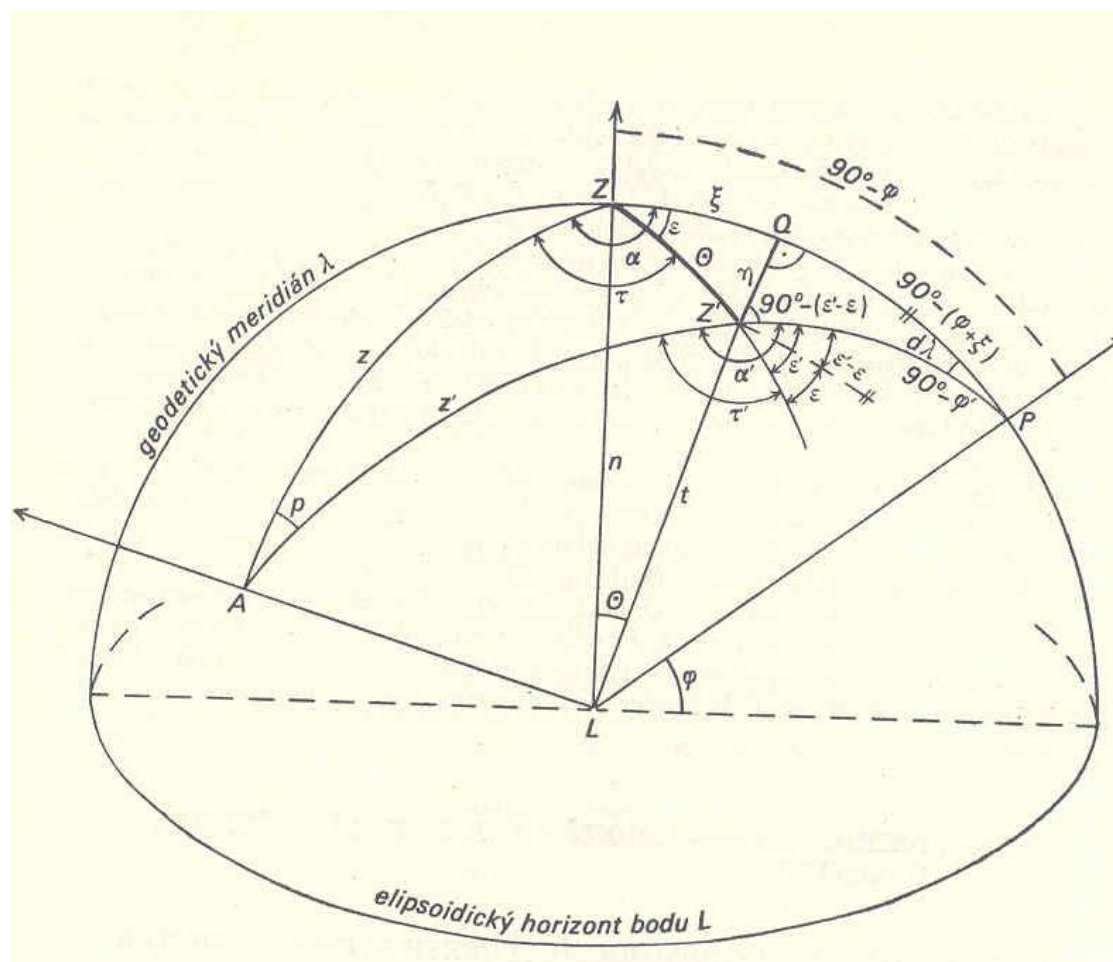


Meridiánová zvislicová odchýlka
Priemerná zvislicová odchýlka
Celková zvislicová odchýlka
Laplaceov azimut

Štátna astronomicko–geodetická sieť (ŠAGS)

- ▶ Obsahuje 66 bodov v S-JTSK a v S-42/83
- ▶ Je v systéme S-42/83 bola vyrovnaná spolu s astronomicko-geodetickými sieťami východoeurópskych štátov
- ▶ Astronomická orientácia – zemepisné súradnice φ , λ a azimut sa určili na 11 Laplaceových bodoch
- ▶ Priemerná dĺžka strán je 36,1 km
- ▶ Dve dĺžkomerné základnice na Slovensku (Jesenské pri Rimavskej Sobote a Michalovce)

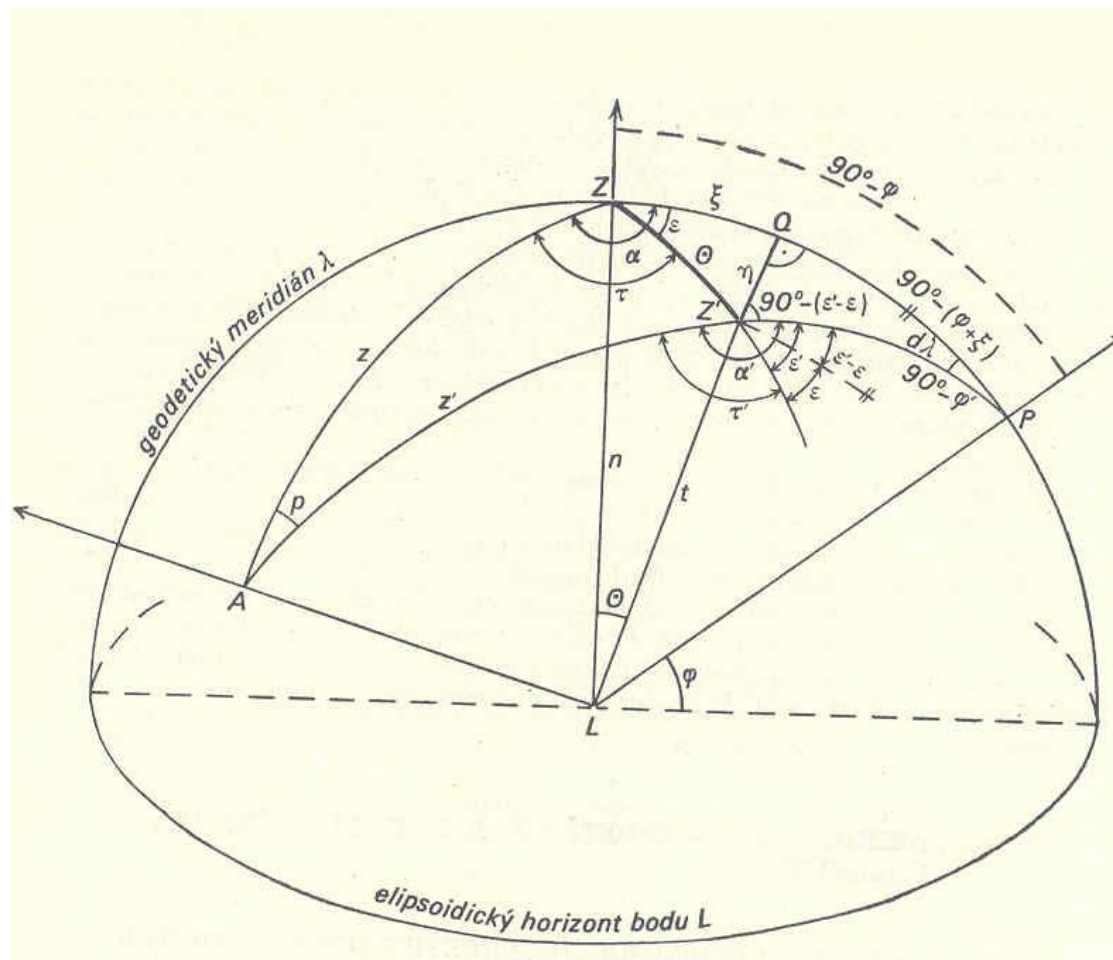




- ▶ L Laplaceov bod
- ▶ Z geodetický, elipsoidický zenit
- ▶ Z' astronomický geoidický zenit
- ▶ P svetový pól
- ▶ LA meraný smer
- ▶ LP os rotácie Zeme
- ▶ LZP rovina geodetického meridiánu
- ▶ LZ'P rovina astronomického meridiánu
- ▶ LZA rovina normálového rezu
- ▶ φ, λ geodetické súradnice
- ▶ φ', λ' astronomické súradnice

Prvý vertikál je rovina kolmá ku geodetickému meridiánu

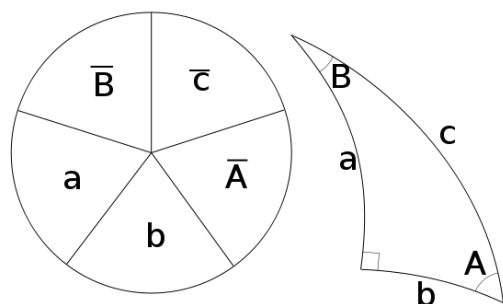
- ▶ α' astronomický azimut zámery LA
- ▶ α geodetický azimut zámery LA
- ▶ z' meraný zenitový uhol
- ▶ z geodetický zenitový uhol
- ▶ Θ odchýlka zvislice od normály
- ▶ ξ meridiánová zložka odchýlky
- ▶ η priečna zložka zvislicovej odchýlky
- ▶ ε' astronomický azimut zvislicovej odchýlky
- ▶ ε geodetický azimut zvislicovej odchýlky
- ▶ τ' uhol medzi zámernou rovinou a rovinou zvislicovej odchýlky v zenite Z
- ▶ τ uhol medzi zámernou rovinou a rovinou zvislicovej odchýlky v zenite Z'



Napierov kruh

Napierove pravidlá pre sférický trojuholník

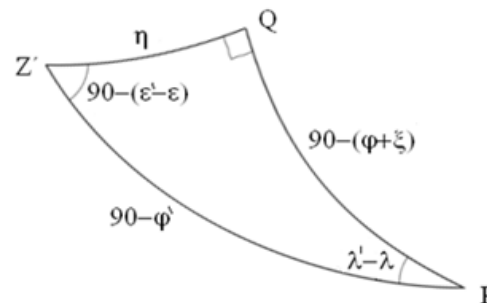
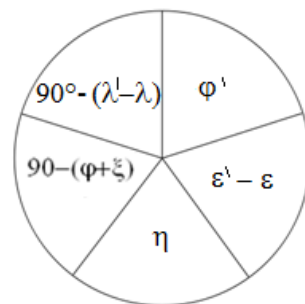
1. sínus prvku sa rovná súčinu tangensov príľahlých prvkov
2. sínus prvku sa rovná súčinu kosínusov protiľahlých prvkov



$$\bar{A} = 90^\circ - A$$

$$\bar{B} = 90^\circ - B$$

$$\bar{c} = 90^\circ - c$$



$$\sin \bar{B} = \operatorname{tga} \cdot \operatorname{tg} \bar{c} = \cos b \cdot \cos \bar{A}$$

$$\cos B = \operatorname{tga} \cdot \frac{1}{\operatorname{tgc}} = \cos b \cdot \sin A$$

$$\cos(\lambda' - \lambda) = \operatorname{tg}(90^\circ - (\varphi + \xi)) \frac{1}{\operatorname{tg}(90 - \varphi')}$$

$$\cos(90^\circ - \eta) = \sin \eta = \sin(90^\circ - \varphi') \sin(\lambda' - \lambda)$$

Meridiánová zložka zvislicovej odchýlky

$$\cos(\lambda' - \lambda) = \operatorname{tg}(90^\circ - (\varphi + \xi)) \frac{1}{\operatorname{tg}(90 - \varphi')}$$

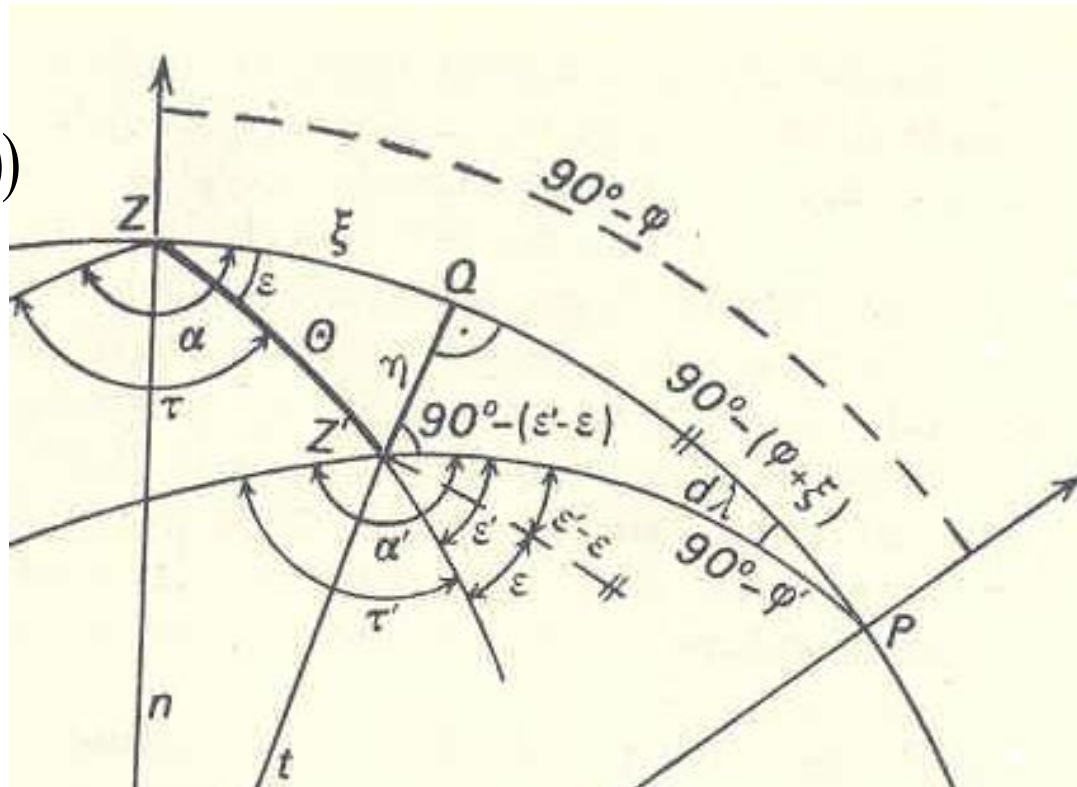
$$\cos(\lambda' - \lambda) \approx 1$$

$$1 = \frac{1}{tg(90 - \varphi')} tg(90^\circ - (\varphi + \xi))$$

$$tg(90-\varphi')=tg(90^{\circ}-(\varphi+\xi))$$

$$\varphi' = \varphi + \xi$$

$$\xi = \varphi' - \varphi$$



Priečna zložka zvislicovej odchýlky

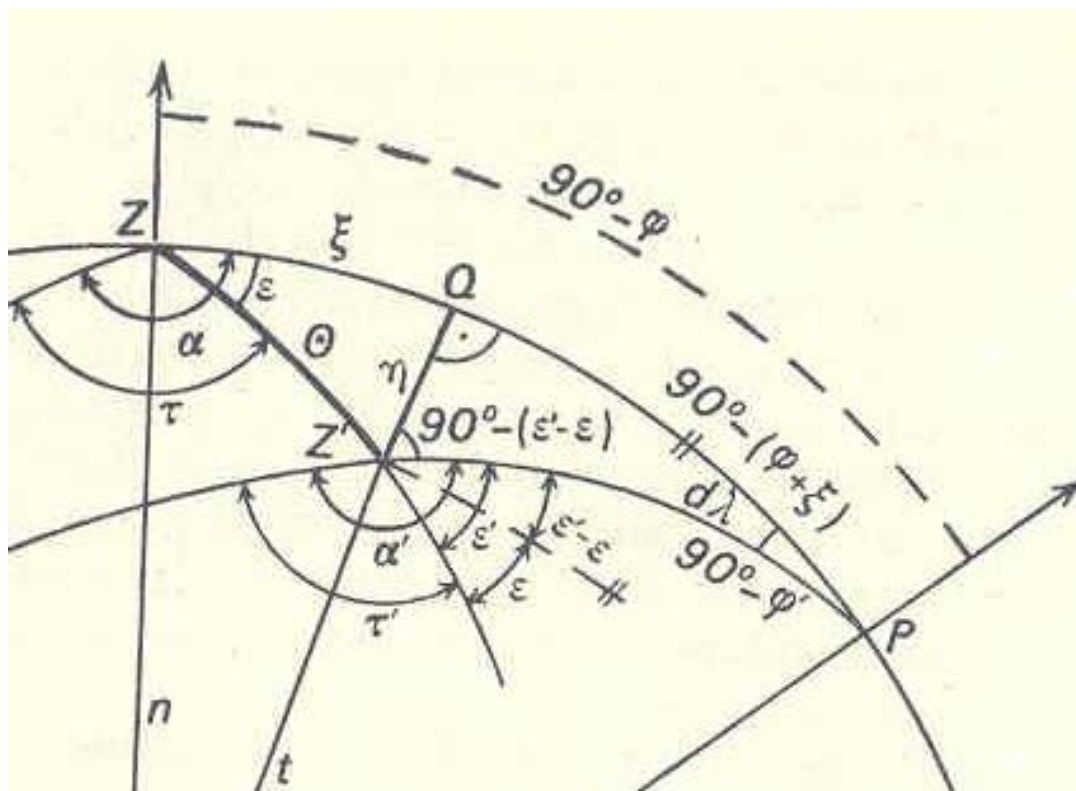
$$\cos(90^\circ - \eta) = \sin \eta = \sin(90^\circ - \varphi') \sin(\lambda' - \lambda)$$

$$\sin(\lambda' - \lambda) \approx \lambda' - \lambda$$

$$\sin \eta \approx \eta$$

$$\cos \varphi' \approx \cos \varphi$$

$$\eta = (\lambda' - \lambda) \cos \varphi$$



Celková zvislicová odchýlka

- Meridiánová zložka – v meridiáne

$$\xi = \Theta \cos \varepsilon$$

$$\xi = \varphi' - \varphi$$

- Pričná zložka - v l. vertikále

$$\eta = \Theta \sin \varepsilon$$

$$\eta = (\lambda' - \lambda) \cos \varphi$$

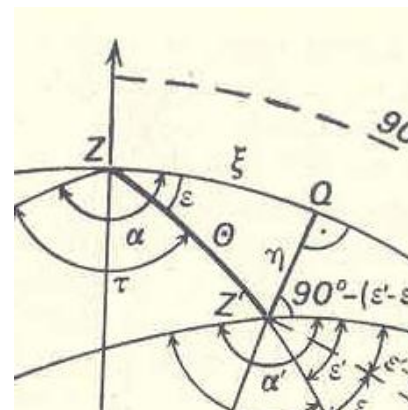
- Celková zvislicová odchýlka

$$\Theta = \frac{\xi}{\cos \varepsilon} = \frac{\eta}{\sin \varepsilon}$$

$$\Theta = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}$$

- Azimut zvislicovej odchýlky

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\eta}{\xi}$$



Normálová zložka odchýlky

V geodetických výpočtoch potrebujeme normálovú zložku zvislicovej odchýlky, vypočítanú ako priemet celkovej odchýlky do roviny normálového rezu.

$$\vartheta = \Theta \cos(\alpha - \varepsilon)$$

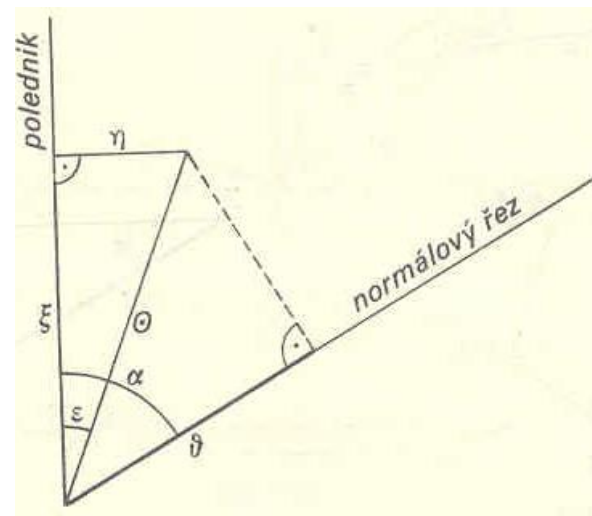
$$\Theta = \frac{\xi}{\cos \varepsilon}$$

$$\vartheta = \frac{\xi}{\cos \varepsilon} \cos(\alpha - \varepsilon)$$

$$\vartheta = \frac{\xi}{\cos \varepsilon} (\cos \alpha \cos \varepsilon + \sin \alpha \sin \varepsilon) = \xi \cos \alpha + \xi \sin \alpha \operatorname{tg} \varepsilon$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\eta}{\xi} \Rightarrow$$

$$\eta = \xi \operatorname{tg} \varepsilon$$

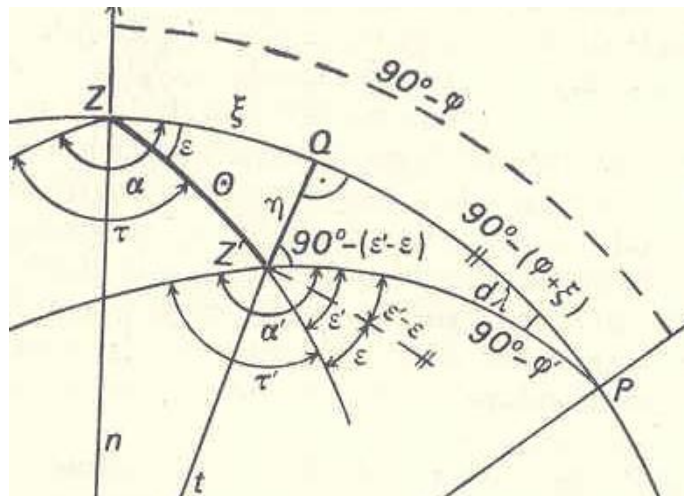


$$\vartheta = \xi \cos \alpha + \eta \sin \alpha$$

Vlastnosti zvislicových odchýliek

- ▶ Závisia od použitého geodetického systému
 - ▶ ak sa zmení elipsoid, zmenia sa geodetické súradnice, astronomické zostávajú
- ▶ Kladná hodnota ξ znamená odklon zvislice (olovnice) k juhu
- ▶ Kladná hodnota η znamená odklon zvislice k západu
- ▶ Mapy čiar zvislicových odchýliek (Buchar) sú zostrojené na zjednodušenom predpoklade, že sa zvislicové odchýlky menia lineárne





Prevod astronomických azimutov na geodetické

$$\alpha' = \varepsilon' + \tau'$$

$$\alpha = \varepsilon + \tau$$

$$\alpha' - \alpha = \varepsilon' - \varepsilon + \tau' - \tau$$

Výpočet rozdielu uhlov medzi zámernou rovinou a rovinou zvislicovej odchýlky

$$\sin p = \frac{\sin \Theta \sin \tau}{\sin z'} = \frac{\sin \Theta \sin (\alpha - \varepsilon)}{\sin z'}$$

$$\sin \Theta \approx \Theta$$

$$\sin p \approx p$$

$$p = \frac{\Theta \sin \tau}{\sin z'} = \frac{\Theta \sin(\alpha - \varepsilon)}{\sin z'}$$

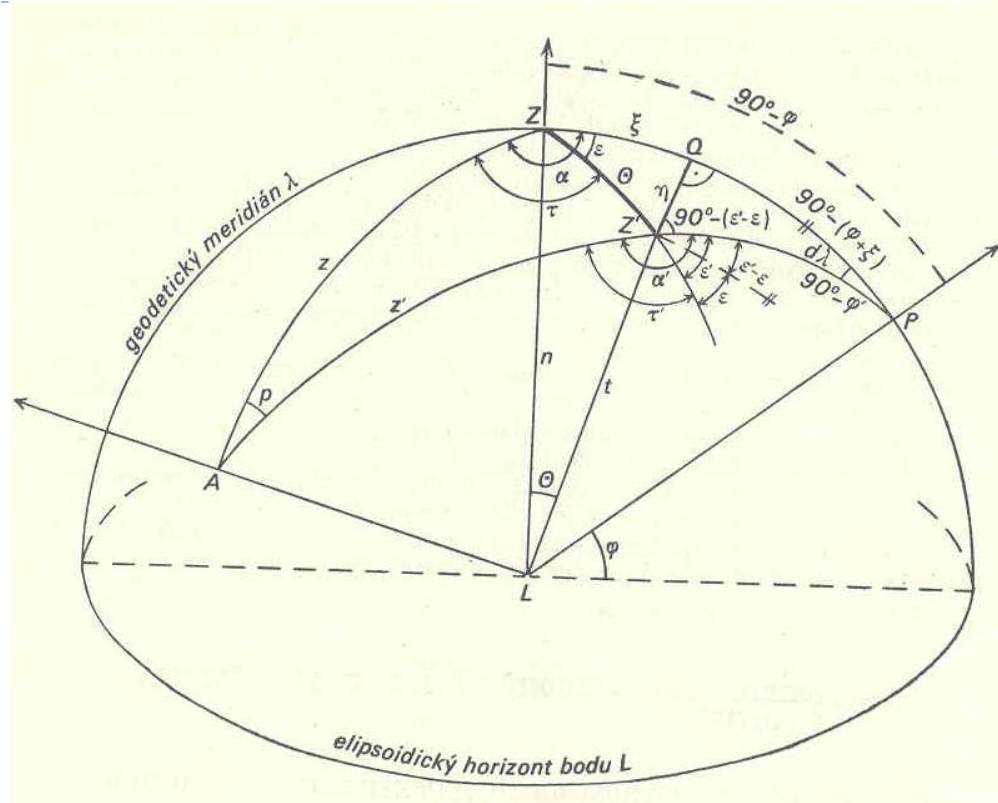
$\Delta AZZ'$ je analogický $\Delta PZZ'$

p odpovedá $d\lambda = \lambda' - \lambda$

$90^\circ - \varphi$ odpovídá z

$90^\circ - \varphi'$ odpovídá z'

Rozdiel azimutov odchýlky ε' - ε odpovedá rozdielu uhlov τ' - τ



$$\varepsilon' - \varepsilon = (\lambda' - \lambda) \sin \varphi$$

$$\sin \varphi \approx \cos(90^\circ - \varphi')$$

$$\tau' - \tau = p \cos z'$$



Laplaceov azimut

$$\tau' - \tau = p \cos z' = \frac{\Theta \sin(\alpha - \varepsilon)}{\sin z'} \cos z' = \Theta \sin(\alpha - \varepsilon) \frac{1}{\operatorname{tg} z'} = \frac{\xi}{\cos \varepsilon} \sin(\alpha - \varepsilon) \frac{1}{\operatorname{tg} z'}$$

$$p = \frac{\Theta \sin(\alpha - \varepsilon)}{\sin z'}$$

$$\Theta = \frac{\xi}{\cos \varepsilon} = \frac{\eta}{\sin \varepsilon}$$

$$\tau' - \tau = \frac{\xi}{\cos \varepsilon} (\sin \alpha \cos \varepsilon - \cos \alpha \sin \varepsilon) \frac{1}{\operatorname{tg} z'} = (\xi \sin \alpha - \eta \cos \alpha) \frac{1}{\operatorname{tg} z'}$$

$$\eta = \xi \operatorname{tg} \varepsilon$$

$$\alpha' - \alpha = \varepsilon' - \varepsilon + \tau' - \tau = (\lambda' - \lambda) \sin \varphi - (\xi \sin \alpha - \eta \cos \alpha) \frac{1}{\operatorname{tg} z'}$$

$$\varepsilon' - \varepsilon = (\lambda' - \lambda) \sin \varphi$$

$$\alpha = \alpha' - \underbrace{(\lambda' - \lambda) \sin \varphi}_{1. \text{ korekčný člen}} + \underbrace{(\xi \sin \alpha - \eta \cos \alpha) \frac{1}{\operatorname{tg} z'}}_{2. \text{ korekčný člen}}$$

Prvý korekčný člen

$$(\lambda' - \lambda) \sin \varphi = \eta \operatorname{tg} \varphi$$

- ▶ závisí od priečnej zvislicovej odchýlky a geodetickej šírky bodu
- ▶ vyjadruje divergenciu astronomického a geodetického meridiánu v danom bode
- ▶ je pre všetky zámery z daného bodu rovnaký



Druhý korekčný člen

$$(\xi \sin \alpha - \eta \cos \alpha) \cotg z'$$

- ▶ má pre jednotlivé zámery rôznu hodnotu
- ▶ závisí od zvislicových odchýliek, azimutu a zenitového uhla
- ▶ oprava meraného smeru v dôsledku odľahlosti normály od zvislice
- ▶ je dôsledkom neurovnania teodolitu pri astronomických meraniach azimutu do normály.
- ▶ pri výpočtoch sa zavádzajú približné hodnoty α



Zjednodušená rovnica Laplaceovho azimutu

$$\alpha' - \alpha = (\lambda' - \lambda) \sin \varphi = \eta \operatorname{tg} \varphi$$

- ▶ Pre zámery v astronomicko-geodetických sieťach pre $s < 50 \text{ km}$, prevýšenie $\Delta H = 1 \text{ km}$ je $\operatorname{cotg} z \cong 0,02''$
- ▶ Pri kratších a strmších zámerách sa používa úplný výpočet
- ▶ Reálna presnosť merania astronomických azimutov $1''$
- ▶ Chyba 1 m dĺžky odpovedá v SR chybe $1''$ v zemepisnej dĺžke λ



Priečna zvislicová odchýlka

$$\alpha' - \alpha = (\lambda' - \lambda) \sin \varphi = \eta \operatorname{tg} \varphi$$

$$\eta = (\alpha' - \alpha) \cot g \varphi$$

$$\eta = (\lambda' - \lambda) \cos \varphi$$

- ▶ druhý výpočet pomocou azimutov
- ▶ menej presný, pretože α' určujeme menej presne ako λ'
- ▶ ovplyvnený chybami pri meraní azimutov



Smerník v JTSK

$$\sigma = \alpha' - (\lambda' - \lambda) \sin \varphi + (\xi \sin \alpha - \eta \cos \alpha) \cotg z' + C - \delta + 180^\circ$$

σ - smerník priamych spojnic (z južnej vetvy meridiánu)

C - meridiánová konvergencia

δ - zmena smeru na priamu spojnicu

δ, C sú získané z výpočtov v JTSK

Astronomický azimut α' je získaný z meraní na hviezdy (Polárka), menej presne z meraní na Slnko alebo gyroteodolitom

