10 Refrakce

10.1 Šíření světla, Fermatův princip, refrakce

10.2 Refrakce - dělení

10.3 Způsoby posuzování a určování vlivu refrakce

10.4 Refrakční koeficient

10.5 Zjednodušený model profesora Böhma

10.6 Zavedení opravy z refrakce

10.7 Časový průběh refrakčního koeficientu a praktické použití.

10.1 Šíření světla, Fermatův princip, refrakce

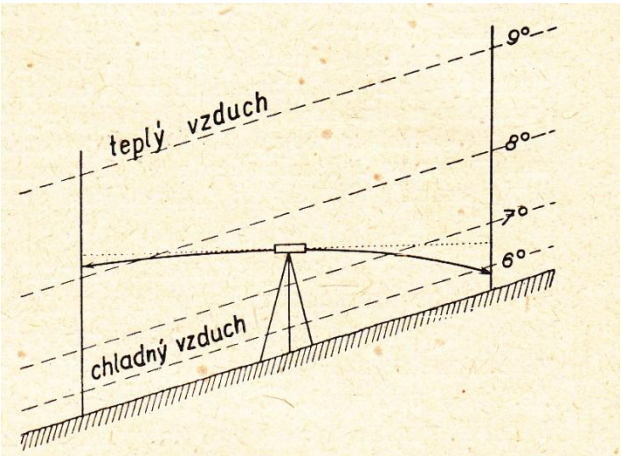
Světlo je elektromagnetické záření, Světelný paprsek se prostředím nešíří přímočaře. Pro šíření světelného paprsku prostředím platí **Fermatův princip**: paprsek prochází vždy opticky nejkratší cestou, tzn. za nejkratší čas.

Geodetická měření probíhají v zemské atmosféře, v jejích nejnižších vrstvách, které vytváří velmi složité optické prostředí. Z hlediska optických vlastností jsou nejdůležitější teplotní a tlakové poměry ovlivňující hustotu a tím i index lomu jednotlivých vzduchových vrstev, na jejichž rozhraní dochází k lomu světelného paprsku - **refrakci**.

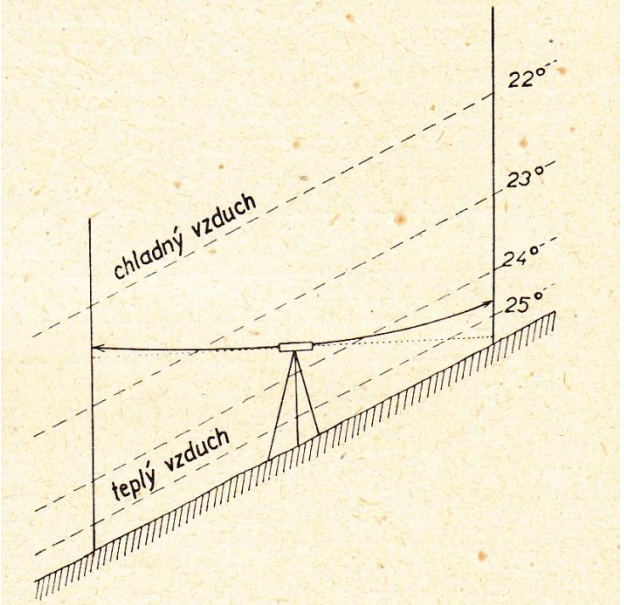
10.1 Šíření světla, Fermatův princip, refrakce

Hustota vzduchu obecně klesá s nadmořskou výškou, je refrakční křivka při dostatečné výšce záměry nad terénem nejčastěji vydutá k povrchu Země.

Naopak v přízemních vrstvách mohou nastat i takové teplotní poměry, že hustota vzduchu ve výšce několika metrů nad terénem je větší než těsně při zemi v tzv. mikroklimatu. Nastává tzv. inverze refrakce, při níž je refrakční křivka vzhledem k povrchu Země vypuklá.



Obr. 4.02

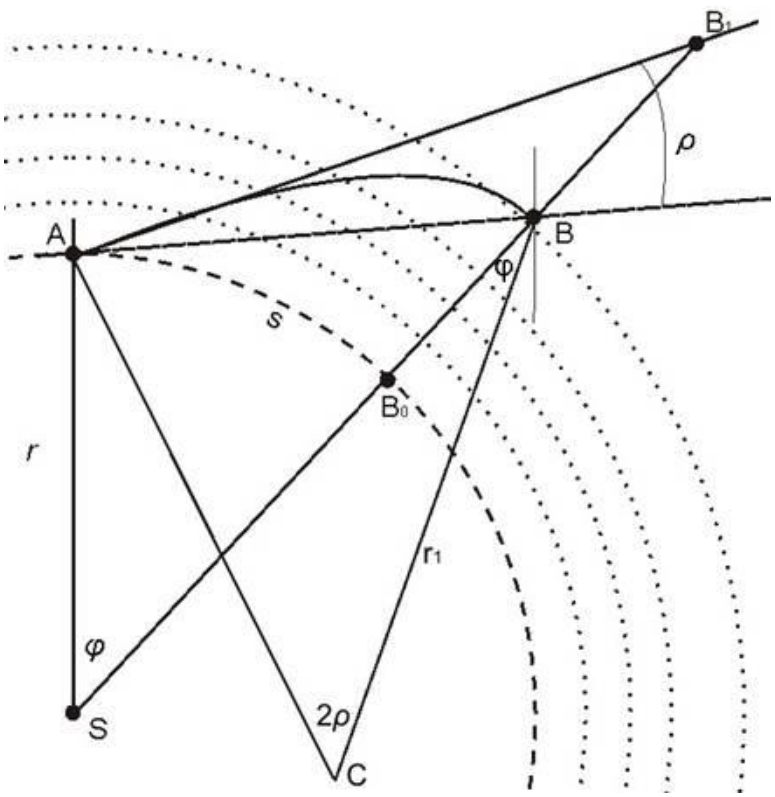


Obr. 4.03

10.1 Refrakce – refrakční úhel

Záměra, tj. přímka, z které odvozujeme měřené úhly je vždy tečnou k obecně zakřivené prostorové dráze paprsku.

Refrakční úhel ***ρ*** je úhel záměry a příčné spojnice, resp. odchylka záměry od přímé spojnice.



10.2 Refrakce - dělení

Podle povahy pozorovaných cílů se rozlišuje:

a) Refrakce astronomická

Zkoumá vlivy působící při měření na nebeské cíle (prakticky směrem vzhůru, tj. blízko kolmici na teplotní vrstvy a obvykle z vyvýšených míst).

b) Geodetická refrakce

Objevuje se při měření na pozemské cíle.

Tu lze rozdělit podle směru ve kterém působí:

1) vertikální refrakce
2) horizontální (boční) refrakce

10.3 Způsoby posuzování a určování vlivu refrakce

a) Pomocí indexu lomu (resp. měření tlaku, teploty, vlhkosti),

b) Pomocí refrakčního koeficientu (RK),

c) Určováním refrakčního úhlu.

Modely využívající refrakční koeficient:

Konstantní RK pro záměru,

Konstantní RK pro stanovisko,

Teoreticky konstantní RK pro celé měření.

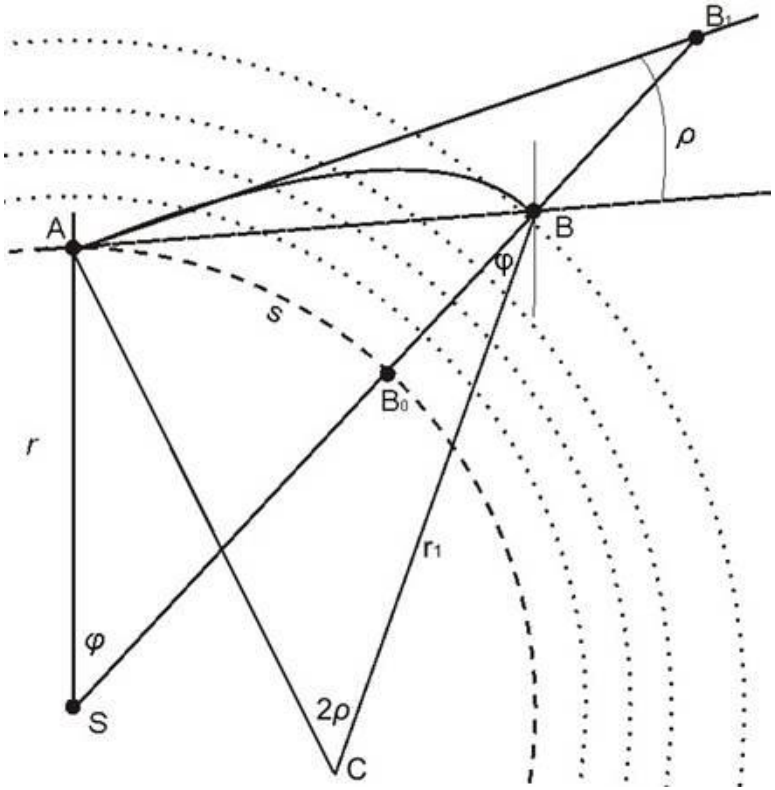
Použití modelu závisí na situaci a znalostech.

10.4 Refrakční koeficient

Světelný paprsek probíhá mezi body **A**, **B** po velmi plochém oblouku.

Pozorovatel na bodě **A** uvidí bod **B** ve směru posledního elementu světelné dráhy, tj. ve směru tečny **A**, $\mathbf{B_1}$. Tečna svírá s přímým směrem mezi body **A**, **B** refrakční úhel $\boldsymbol{\rho}$. Na velikosti tohoto úhlu závisí chyba $\mathbf{BB_1}$.

Za předpokladu, že oblouk **A,B** je velmi plochý kruhový oblouk o poloměru $\boldsymbol{r_1}$ lze určit velikost této refrakce. Poloměr Země je **r** a s ohledem na velikost poloměru Země



10.4 Refrakční koeficient

Poloměr Země je **r** a s ohledem na velikost poloměru Země je výškový rozdíl mezi body A,B velmi malý a vzdálenosti A,B a A,B_0 jsou skoro stejné, můžeme středové úhly odpovídající vzdálenosti A,B označit jako ***φ*** a ***ρ*** (viz předchozí obrázek). Pak platí:

$s = r\varphi = r_1 2\rho$

Z čehož pak:

$\rho = r\varphi / r_1 2 = k(\varphi/2)$

kde k je tzv. refrakční koeficient.

10.5 Zjednodušený model profesora Böhma

Zjednodušený model prof. Böhma dle [5].

$$\Delta H = 4{,}65 \cdot 10^{-7} \cdot s^2 \cdot \sin(z) \cdot \left(0{,}034 + \frac{dT}{dH}\right) . \qquad (15)$$

ΔH je „zdánlivý“ posun cíle ve svislém směru, *z* je zenitový úhel, *dT/dH* je gradient teploty. Odvozeno za podmínky, že gradient teploty je konstantní po celé dráze svazku paprsků pro optické měření.

10.6 Zavedení opravy z refrakce

Oprava ze zakřivení Země:

$$\Delta_Z = \frac{d^2}{2 \cdot R}$$

Refrakční koeficient

$$k = \frac{2\rho_0}{\varphi} = \frac{R}{R'}$$

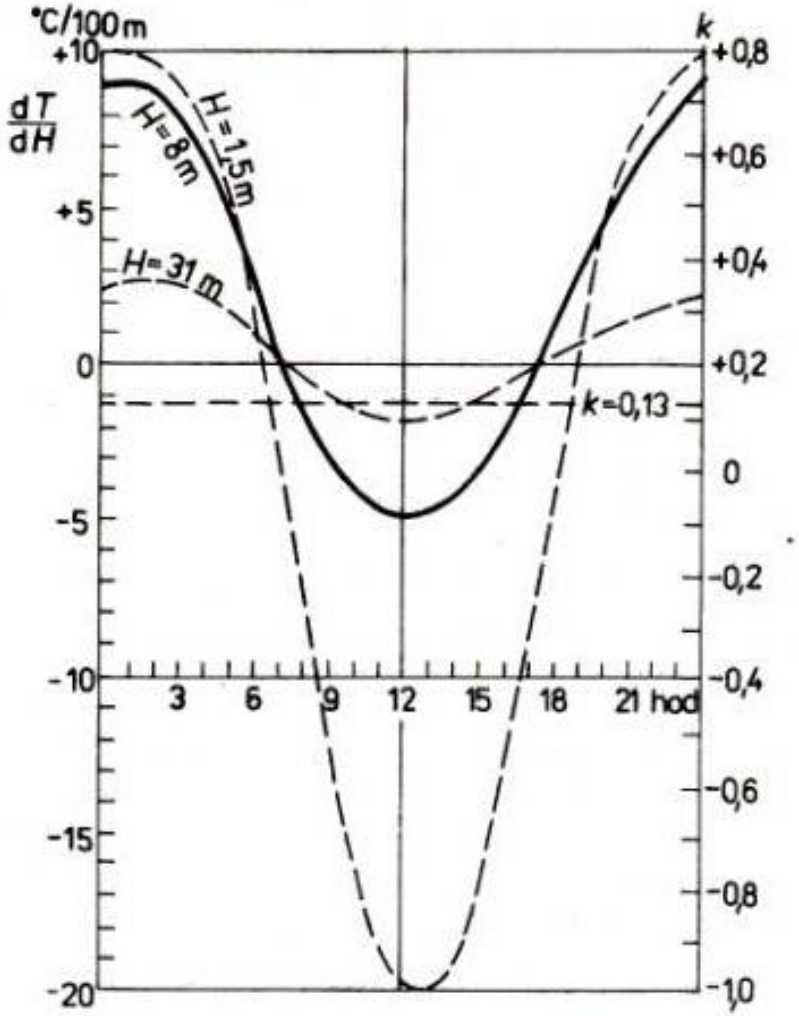
Oprava z refrakce:

$$\Delta_R = -\frac{d^2}{2 \cdot R'} = -\frac{R}{R'} \cdot \frac{d^2}{2 \cdot R} = -k \cdot \frac{d^2}{2 \cdot R}$$

Celková oprava:

$$\Delta = \Delta_Z + \Delta_R = \frac{d^2}{2 \cdot R} - k \cdot \frac{d^2}{2 \cdot R} = (1 - k) \cdot \frac{d^2}{2 \cdot R}$$

10.7 Refrakční koeficient – časový průběh



Obr. 1.4

10.7 Refrakční koeficient – praktické použití

V praxi se velmi často zmiňuje a používá hodnota refrakčního koeficientu k = 0,13, což je střední hodnota refrakčních koeficientů v našich krajinách, nebo střední hodnota refrakčních koeficientů k = 0,1306, kterou vypočetl v r. 1826 C. F. Gauss při zpracování Hannoverského stupňového měření. Vzhledem k tomu, že v obou případech se jedná o průměrné hodnoty refrakčních koeficientů dosažené při triangulačních měřeních (dnes v podstatě již atypické měření s vysoko umístěným stanoviskem a cílem), jejich použití v dnešní měřické praxi (katastr nemovitostí, inženýrská geodézie) s přihlédnutím k výše uvedenému grafu a absenci informací o atmosféře v průběhu měření je nevhodné, ba chybné!

V běžné praxi je oprava z refrakce tak malá, že jejím zanedbáním se dopustíme jen nepatrné chyby, která je menší než běžná přesnost realizovaného měření.