

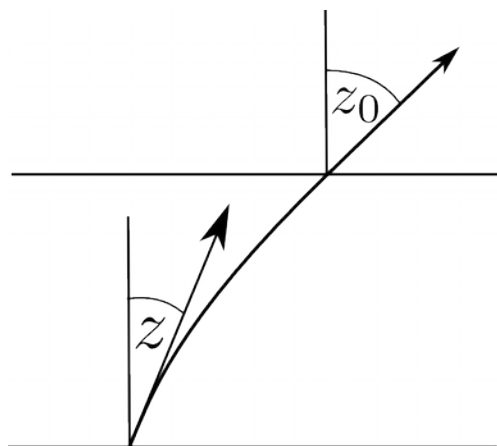
OPT/AST

L07

Korekce souřadnic

malé změny souřadnic, které je nutno uvažovat při stanovení polohy astronomických objektů

refrakce v atmosféře



zenitový úhel objektu je ovlivněn refrakcí $z = z_0 - \Delta z$

pro index lomu n vzduchu v místě pozorování:

$$\Delta z = (n-1) \tan z \text{ [rad]}, \quad z < 70^\circ$$

na hladině moře $n \approx 1.0003 \rightarrow \Delta z \approx 60'' \tan z$

nízko nad obzorem – empiricky zjištěné hodnoty

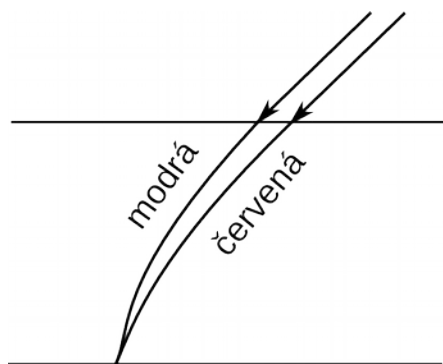
na obzoru, $z = 90^\circ$ je přibližně $\Delta z \approx 35'$

refrakce zvyšuje výšku Slunce nad obzorem – prodloužení dne o několik minut

disperze

závislost indexu lomu na vlnové délce světla – refrakce závisí na barvě světla

bodové zdroje jsou zobrazeny jako vertikální spektra délky $\sim 1''$ orientovaná modrým koncem spektra blíže k zenitu.

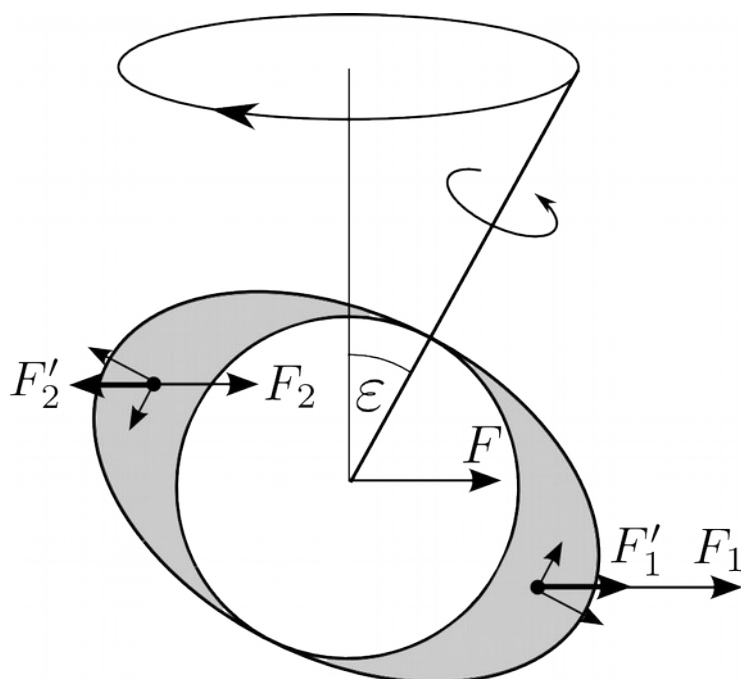


problém je řešen korektory disperze

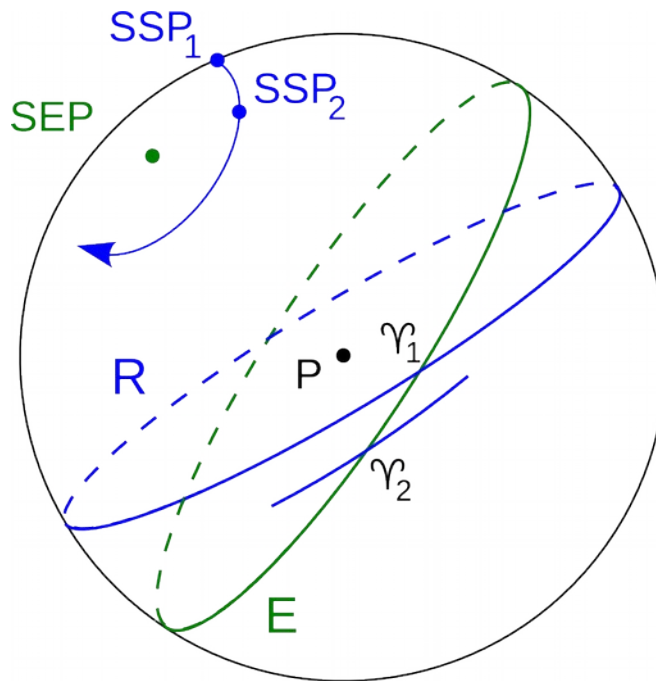
precese a nutace

změna orientace zemského rovníku a ekliptiky v prostoru vlivem gravitačního působení těles sluneční soustavy

lunisolární precese



gravitační působení Slunce a Měsíce na rovníkové přebytky hmoty – dvojice sil – pohyb zemské osy po plášti kužele



- pohyb SSP kolem SEP po precesní kružnici s průměrem $2\varepsilon \approx 47^\circ$ s periodou cca 26 tis. let
- světový rovník mění polohu vzhledem k ekliptice
- pohyb jarního bodu po ekliptice směrem proti pohybu Slunce tj. na západ o $50,4''$ za rok
- tropický rok je kratší než siderický rok (o 20 minut)

nutace

kmity zemské osy způsobené precesí měsíční dráhy (pohyb uzlů) s periodou 18,6 let

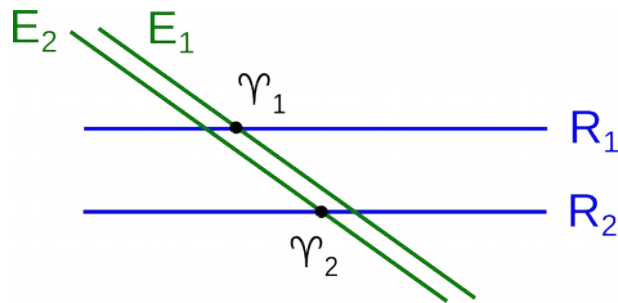
- zemská osa opisuje kolem střední polohy nutační elipsu s velkou poloosou $\approx 9''$
- na precesní kružnici zemské osy se tento pohyb superponuje

a vzniká “vlnovka”

- křivka opisovaná světovým pólem není uzavřená

planetární precese

rušivé gravitační působení planet – precese zemské dráhy (ekliptiky)



- precesní pohyb pólů ekliptiky
- změna sklonu zemské osy $22^\circ < \varepsilon < 24,5^\circ$, v současné době pokles o $47''$ za 100 let
- přispívá k celkové tzv. generální precesi

paralaxa

změna polohy objektu způsobená změnou polohy pozorovatele

denní paralaxa

rozdíl mezi geocentrickou a topocentrickou polohou

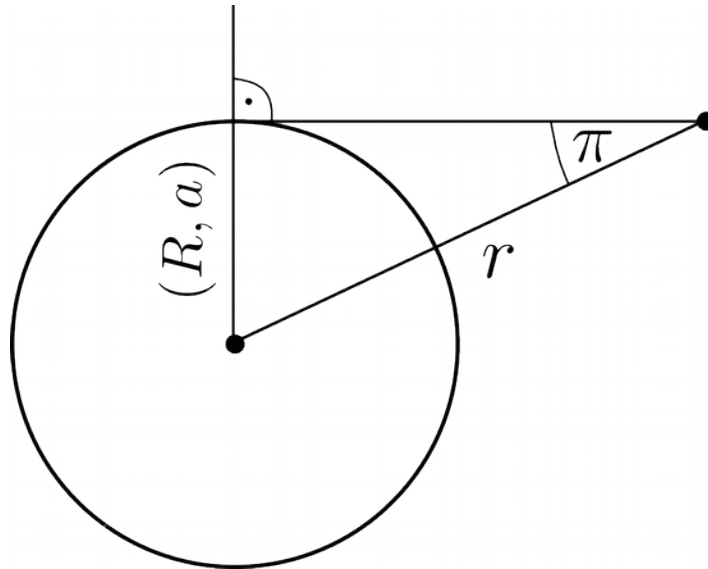
maximální denní paralaxa

$$\sin \pi = R/r$$

r – vzdálenost objektu, R – poloměr Země

π je max. úhel, pod kterým vidíme základnu, tj. zemský poloměr

Slunce: $\pi = 8,8''$, Měsíc: $\pi = 57'$



roční paralaxa

rozdíl mezi heliocentrickou a geocentrickou polohou

maximální roční paralaxa

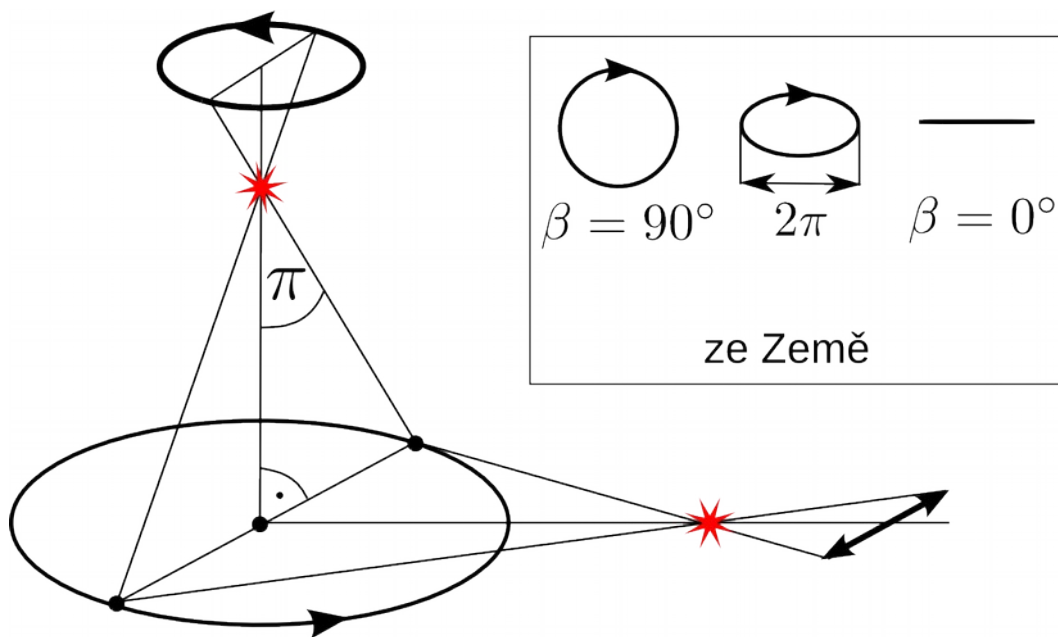
$$\sin \pi = a/r$$

r – vzdálenost objektu, a – střední vzdálenost Země od Slunce,
 π je max. úhel, pod kterým vidíme základnu, tj. velkou poloosu
zemské dráhy

soustava α Cen: $\pi = 0,743''$, α Umi (Polárka): $\pi = 7,5 \text{ mas}$

paralaktická elipsa

v důsledku paralaxy pohyb objektu po elipse v průběhu roku – roční
paralaxa π odpovídá velké poloose paralaktické elipsy



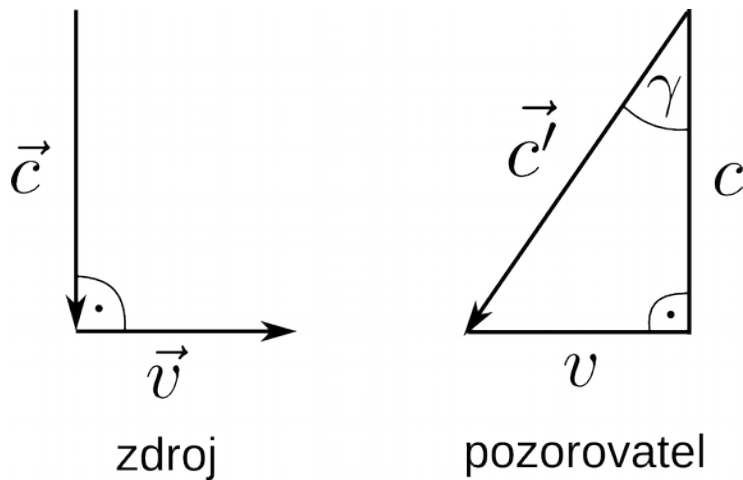
určování vzdáleností ve vesmíru

- měření paralaxy je jediná exaktní metoda pro vzdálené objekty $r \approx a/\pi$
- parsec – délková jednotka, 1pc – vzdálenost, ze které vidíme poloměr zemské dráhy pod úhlem 1"
 - $1\text{pc} \approx 206000\text{AU} \approx 3,26\text{ly}$
- vzdálenost v parsecích: $r[\text{pc}] = 1/\pi["]$
- měření paralaxy dnes s pomocí satelitů Hipparchos, HST (NASA), Gaia (ESA, přesnost ~ několik μas)

aberrace světla

skládání rychlostí pozorovatele a konečné rychlosti signálu způsobuje změnu polohy objektu

aberrace je maximální, pokud jsou pohyby pozorovatele a signálu navzájem kolmé $\mathbf{v} \perp \mathbf{c}$



$$\gamma \approx v/c \text{ [rad]}$$

denní aberrace

způsobena rotací Země – objekty jsou posunuty na východ (kulminují později)

max. na rovníku,

$$v = 0,465 \text{ km/s} \rightarrow \gamma \approx 0,3''$$

roční aberrace

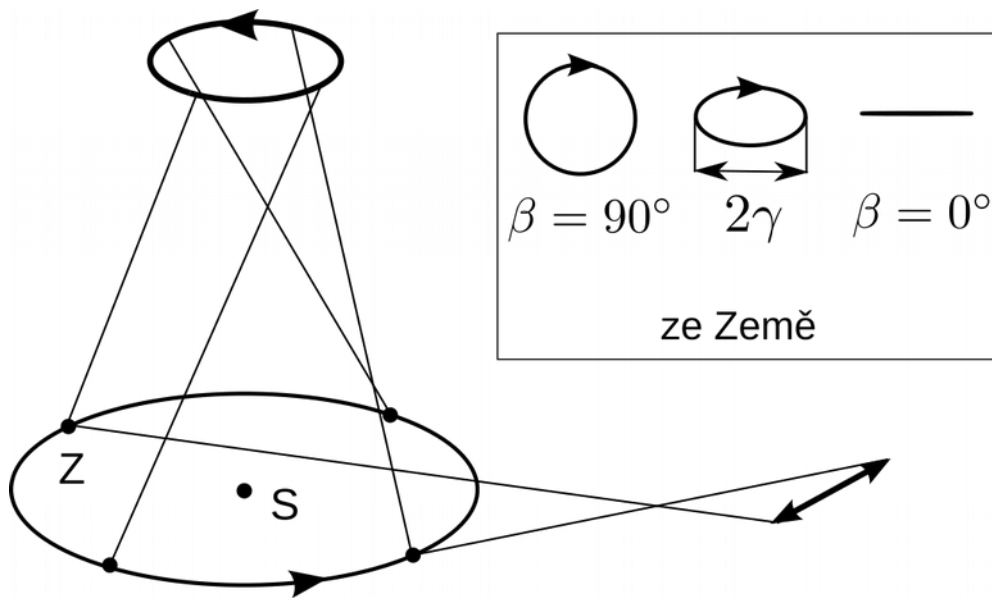
způsobena oběhem Země kolem Slunce

$$v \approx 30 \text{ km/s} \rightarrow \gamma \approx 20.5''$$

aberační elipsa

v aberrace pohyb po elipse v průběhu roku – velká poloosa odpovídá aberační konstantě

aberační konstanta je stejná pro všechny objekty, tj. na rozdíl od paralaxy nezávisí na vzdálenosti



vlastní pohyb

změna polohy způsobená vlastním pohybem objektu vzhledem k těžišti sluneční soustavy

- udává se změna rektascenze a deklinace za rok
- vlastní pohyb a radiální rychlost jsou složky skutečného pohybu v prostoru
- radiální rychlost se měří pomocí Dopplerova jevu
- velký vlastní pohyb svědčí o blízkosti objektu – katalogy objektů s velkým vlastním pohybem zahrnují nejbližší hvězdy

největší vlastní pohyb – Barnardova hvězda $10,3''$ ročně, tj. posune se o průměr měsíce za necelých 200 let

druhý nejbližší systém $r \approx 6\text{ly}$, radiální rychlost $v_r = 110\text{km/s}$,
 min vzdálenost $r \approx 3,75\text{ly}$ bude v roce 11800n.l.

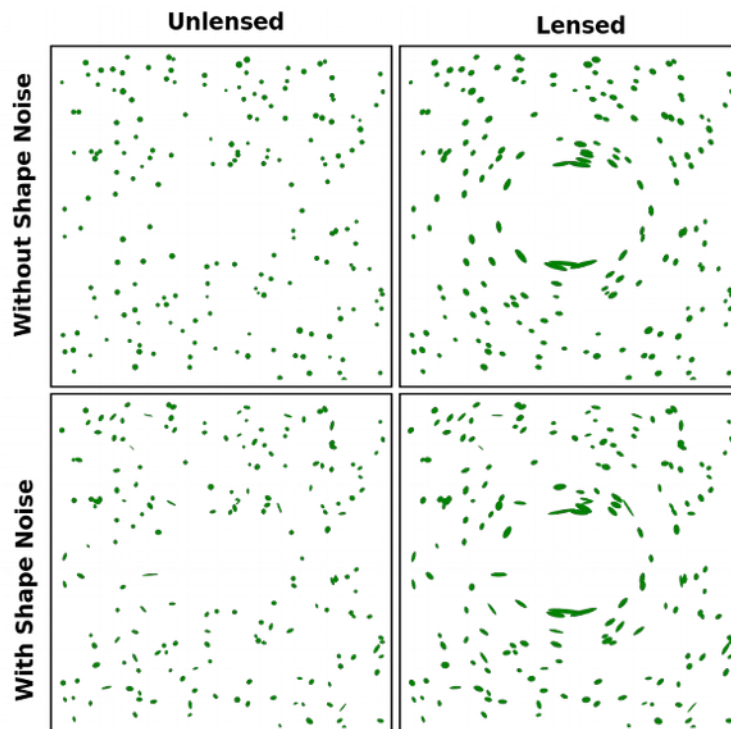
gravitační ohyb světla

ohyb světla v gravitačním poli

gravitační čočka – zkreslení obrazu vzdáleného objektu jiným hmotným objektem



- silné čočkování (strong lensing) – zjevná silná deformace, vícenásobné obrazy, Einsteinův prsten apod. – čočkou je masivní objekt např. galaxie



- slabé čočkování (weak lensing) – změna polohy vzdáleného objektu, systematická deformace poloh velkého počtu objektů – dá se zjistit statisticky – čočkou je rozlehlý masivní objekt např. temná hmota
- mikročočkování (microlensing) – změna jasnosti vzdáleného objektu způsobená gravitačním ohybem – čočkou je kompaktní nutně nikoli masivní objekt (hnědý trpaslík ...)

čočkování a mikročočkování jsou důležité metody pro detekci *málo svítících/temných/velmi vzdálených* objektů