v01.00

Základní jednotky v astronomii

© Ing. Neliba Vlastimil

AK Kladno

2005

Délka - *l*

- Slouží pro určení vzdáleností ve vesmíru
- Základní jednotkou je metr
- metr je definován jako délka, jež urazí světlo ve vakuu za 1/299 792 458 vteřiny.
- Pro měření vzdáleností ve vesmíru se ale používají jednotky vyšší – kilometry, astronomická jednotka, světelný rok a parsek

Astronomická jednotka - *AU*

- Je definována jako střední vzdálenost Země – Slunce
- Její velikost činí 149 597 850 km
- Používá se zejména pro měření vzdáleností ve sluneční soustavě
- Světelný paprsek urazí vzdálenost 1 AU za 499 s, což je přibližně 8 minut a 19 s
- Nejstarší určení délky AU pochází od *Aristarcha* (r. 300 př. n. l.)

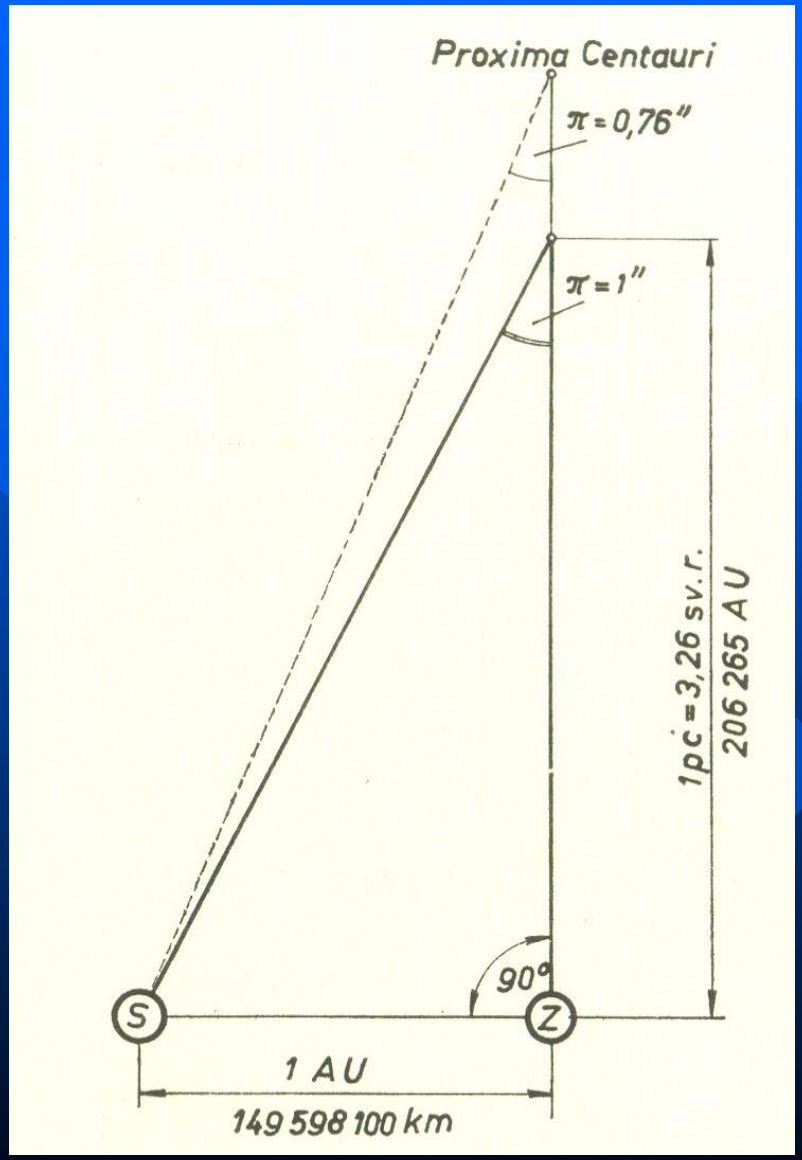
Světelný rok - *ly*

- Starší jednotka používaná ve stelární astronomii
- Je definován jako vzdálenost, kterou světlo urazí ve vakuu za 1 tropický rok
- Rychlost světla je 299 793,0 ± 0,3 km/s
- Velikost světelného roku činí $9{,}46 * 10^{12}$ km a je rovna 63 290 AU
- Světelný rok se dosud používá v populární literatuře

Parsek - *pc*

- Jednotka používaná ve stelární astronomii
- Je definován jako vzdálenost, ze které bychom viděli vzdálenost Země – Slunce (1 AU) pod úhlem 1 obloukové vteřiny
- 1 parsek je roven 3,26 světelného roku, což je 206 265 AU
- Běžně používané násobky jsou kiloparsek (tisíc), megaparsek (milion) a gigaparsek (miliarda)

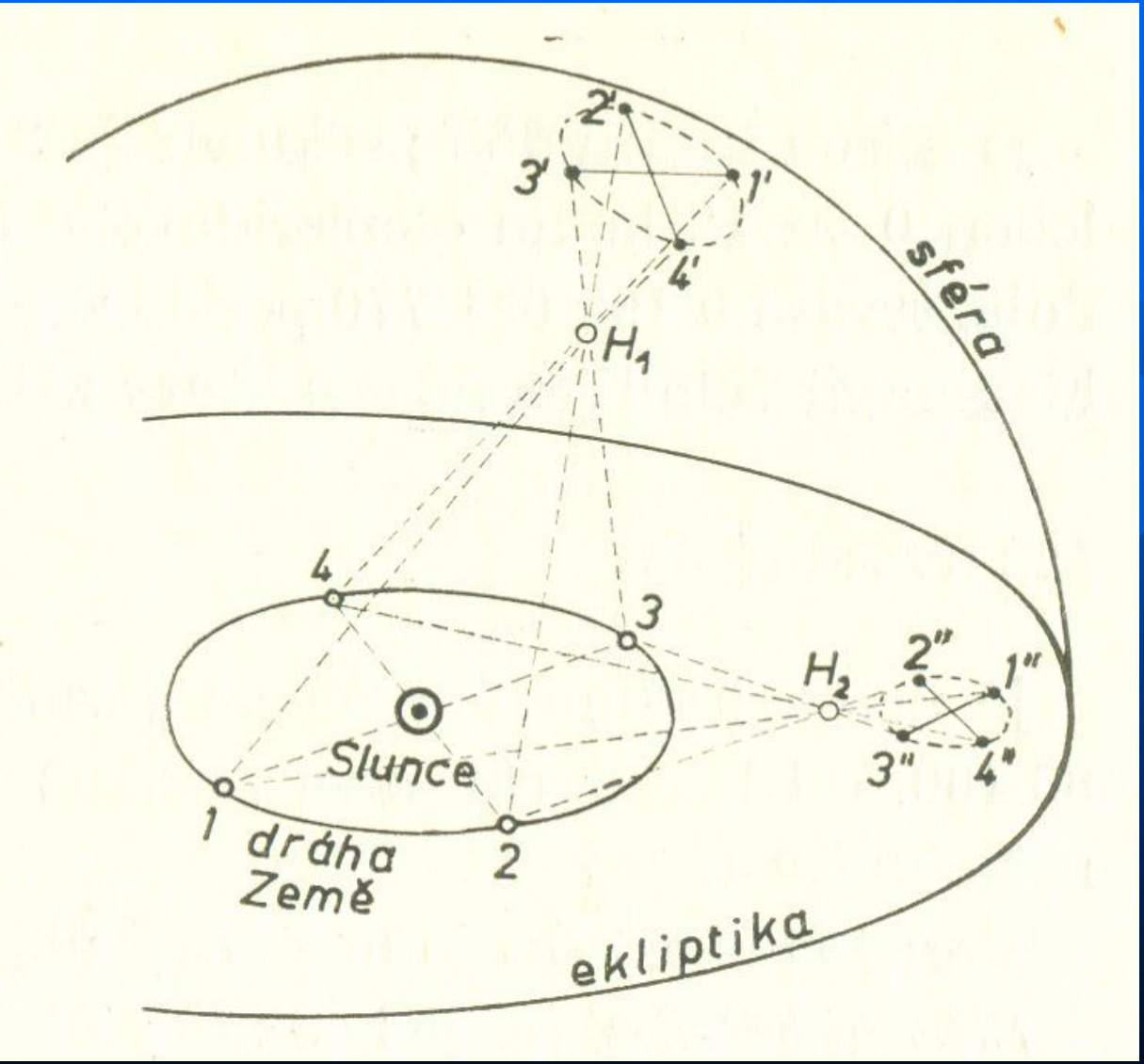
Definice parseku



Paralaxa - π

- Je úhel, o který se poloha nebeského tělesa zdánlivě posune, jestliže se pozorovatel přesune z jednoho na druhý konec základny
- Rozeznáváme paralaxu denní (základnou je zemský poloměr) a paralaxu roční (základnou je poloměr oběžné dráhy Země – 1 AU)
- Všechny hvězdy mají roční paralaxu menší než 1“
- Nejbližší hvězda Proxima Centauri má paralaxu 0,762“ což odpovídá vzdálenosti 1,3 pc

Projevy roční paralaxy hvězd



Hmotnost - *M*

- Určuje setrvačné a tíhové vlastnosti hmotných objektů
- Jednotkou je kilogram
- Kilogram je hmotnost mezinárodního prototypu kilogramu, který je uložen v Mezinárodním ústavu pro váhy a míry v Paříži
- Pro určování hmotností ve vesmíru používáme však jednotky hmotnost Země a hmotnost Slunce

Hmotnost Země - M_z

- Hmotnost planety Země (5,976 * 10^{24} kg) je považována za rovnou 1
- Používá se pro vyjádření hmotnosti ve sluneční soustavě
- Vyjadřuje, kolikrát je objekt sluneční soustavy (např. Slunce, planeta, měsíce, planetky) těžší nebo lehčí než planeta Země
- Např. hmotnost Jupitera činí 317,8 hmotnosti Země - je tedy 317,8 krát těžší než naše planeta

Hmotnost Slunce - M_s

- Základní jednotka hmotnosti používaná ve hvězdné astronomii
- Hmotnost Slunce ($1{,}991*10^{30}$ kg) je považována za rovnou 1
- Hmotnost Slunce je rovna 333 100 M_z
- Hmotnost hvězd určujeme dvěma způsoby:
  a) z gravitačních účinků na jiné těleso
  b) z gravitačních účinků na fotony
- Hmotnost většiny hvězd je v intervalu od 0,4 do 4 M_s
- Známe však i hvězdy jejichž hmotnost je od 0,008 do 400 M_s

Čas - *T*

- Je mírou trvání dějů
- Základní jednotkou je sekunda
- Sekunda je definována jako 31 556 925,9747 díl tropického roku 1900, leden 0 ve 12 hodin efemeridového času
- Ve fyzice se sekunda definuje jako doba trvání 9 192 631 770 period záření, které odpovídá přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu atomu cézia 133

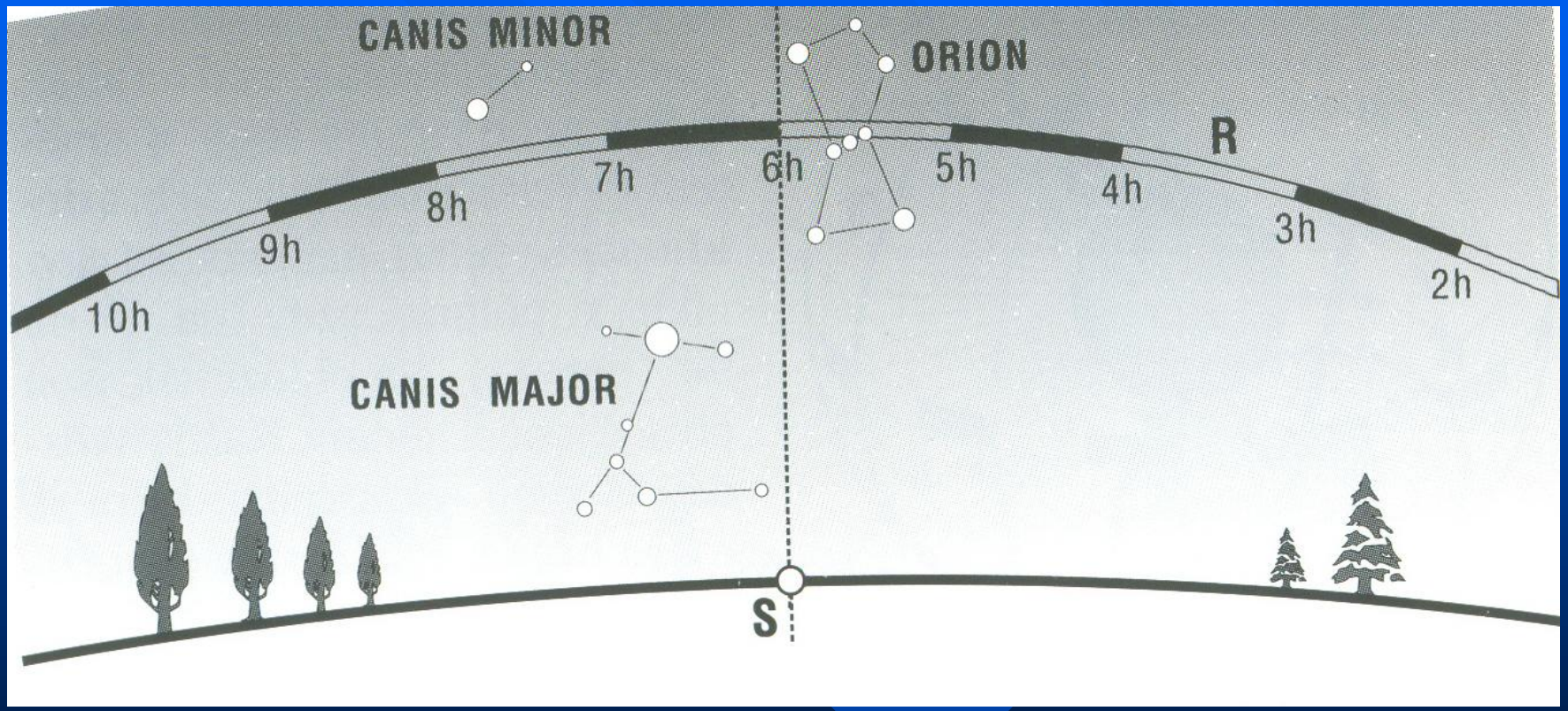
Hvězdný čas - Θ

- Je určen hodinovým úhlem jarního bodu
- Mezi hvězdným časem, rektascenzí hvězdy α a jejím hodinovým úhlem *t* platí vztah:

$$\Theta = \alpha + t$$

- Hvězdný čas je tedy roven rektascenzi hvězdy, která v daném okamžiku prochází místním poledníkem

Hvězdný čas

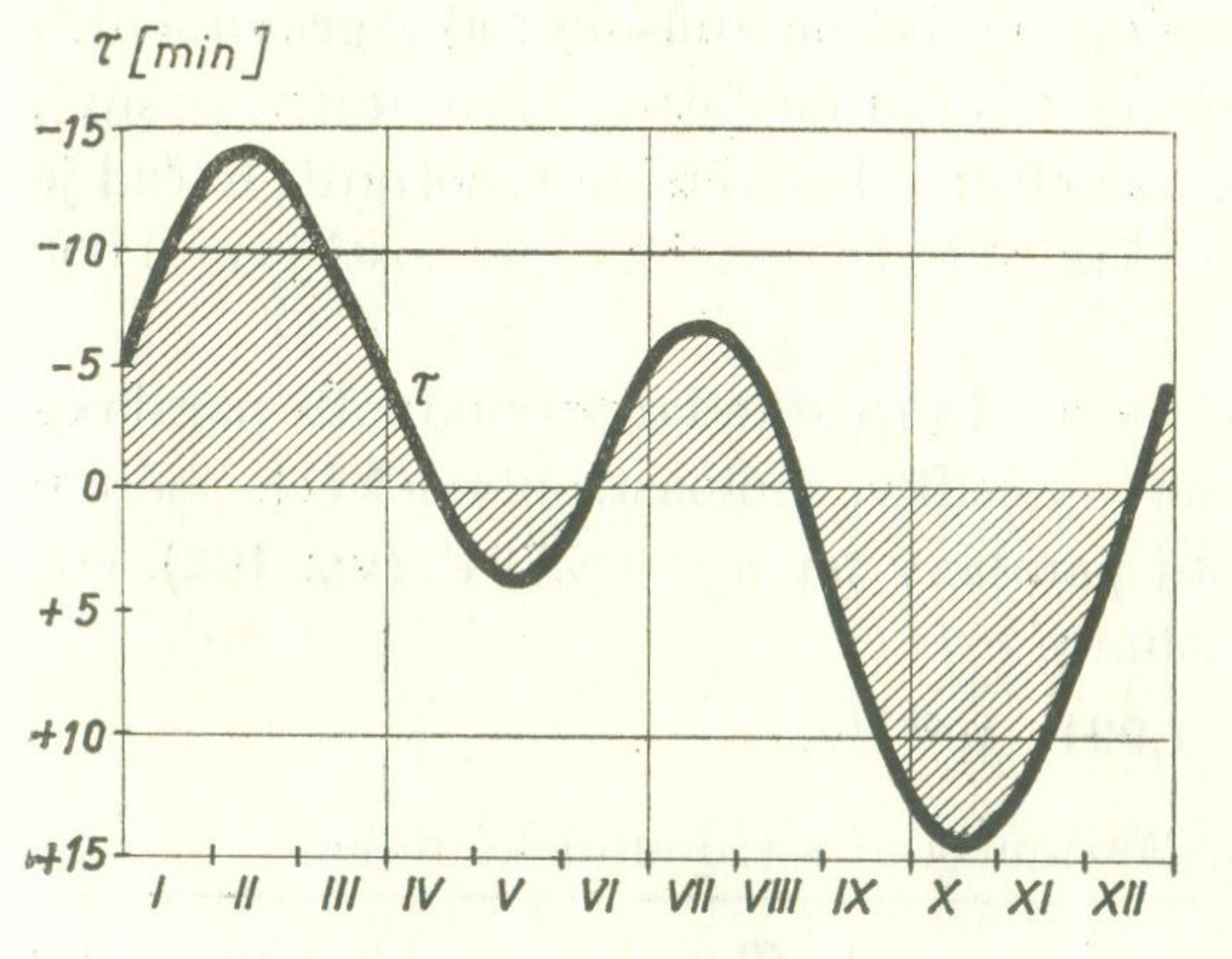


Sluneční čas – T_v , T_M

- Sluneční čas je určován otáčením Země vzhledem ke Slunci
- **Pravý sluneční čas** (*Tempus solare verum)* je dán hodinovým úhlem skutečného Slunce. Zdánlivý pohyb Slunce po obloze je nerovnoměrný, proto i pravý sluneční čas plyne nerovnoměrně
- **Střední sluneční čas** (*Tempus solare medium)* je dán hodinovým úhlem zdánlivého Slunce, které se pohybuje po obloze rovnoměrně.
- Rozdíl mezi pravým slunečním časem a středním slunečním časem se nazývá ***časová rovnice (časová korekce)***

$$\tau = T_M - T_v$$

Průběh časové rovnice

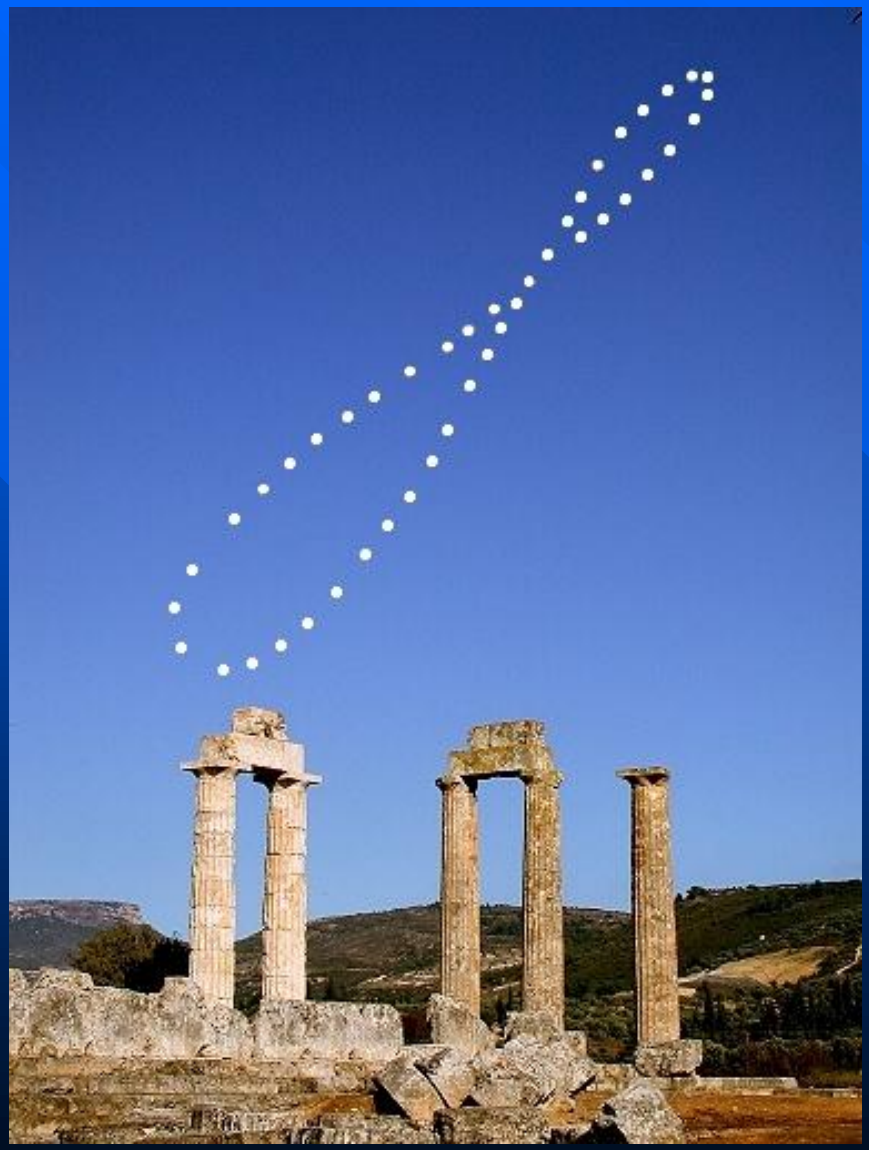


Průběh časové rovnice

- Největší záporné hodnoty dosahuje časová rovnice 12. února (-14 min 25 s)
- Největší kladné hodnoty dosahuje časová rovnice 3. listopadu (+16 min 22s)
- Čtyřikrát v roce se oba časy shodují; tzn. že časová rovnice je rovna nule
- Časová rovnice je rovna nule 15. dubna, 14. června, 1. září a 25. prosince

Analemma – grafický rozdíl mezi T_V a T_M

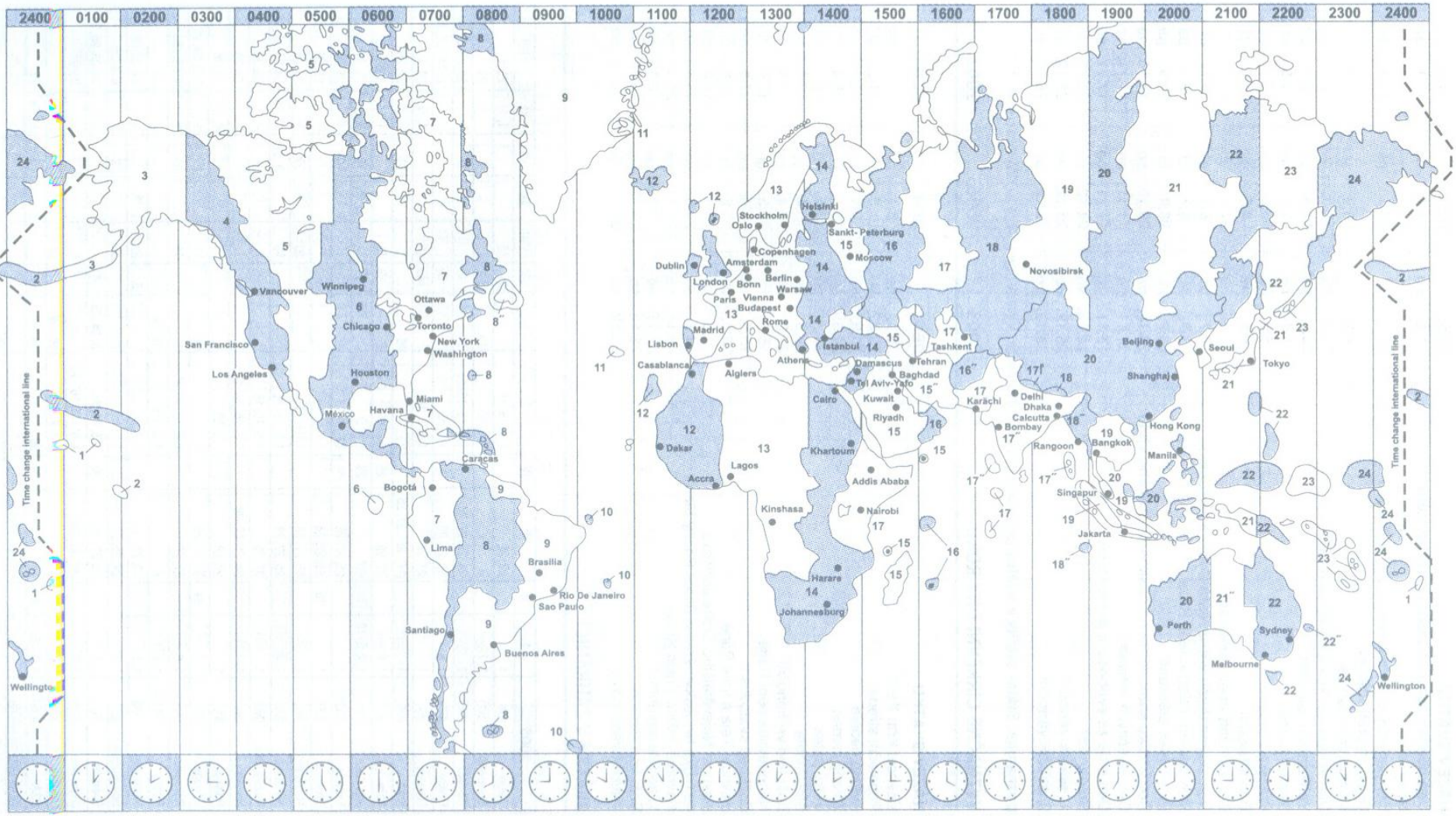
Zaznamenáme-li přesnou polohu Slunce v poledne pro každý den v roce, získáme křivku zvanou **anelamma**.



Pásmový, světový a středoevropský čas

- **Pásmový čas** – zaveden z praktických důvodů jako místní střední sluneční čas pro vhodně zvolený poledník. Celá Země je rozdělena do 24 pásem po 15° zeměpisné délky
- **Světový čas** – je čas na nultém (greenwichském poledníku), značka UT
- **Středoevropský čas** – čas na 15° poledníku východní zeměpisné délky. Značka SEČ a je o hodinu napřed vzhledem k UT.

Pásmový čas


2400
0100
0200
0300
0400
0500
0600
0700
0800
0900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
2200
2300
2400
Time change international line
Time change international line
Vancouver
Winnipeg
Ottawa
Chicago
Toronto
New York
Washington
San Francisco
Los Angeles
Houston
Miami
México
Havana
Caracas
Bogotá
Lima
Brasilia
Rio De Janeiro
Sao Paulo
Santiago
Buenos Aires
Wellington
Stockholm
Oslo
Helsinki
Sankt- Peterburg
Copenhagen
Moscow
Dublin
Amsterdam
London
Bonn
Berlin
Warsaw
Paris
Vienna
Budapest
Rome
Madrid
Lisbon
Casablanca
Algiers
Athens
Istanbul
Damascus
Tehran
Tashkent
Novosibirsk
Beijing
Seoul
Tokyo
Shanghai
Tel Aviv-Yafo
Baghdad
Kuwait
Cairo
Riyadh
Karachi
Delhi
Dhaka
Calcutta
Bombay
Hong Kong
Rangoon
Bangkok
Manila
Singapur
Jakarta
Dakar
Khartoum
Lagos
Accra
Addis Ababa
Kinshasa
Nairobi
Harare
Johannesburg
Perth
Sydney
Melbourne
Wellington

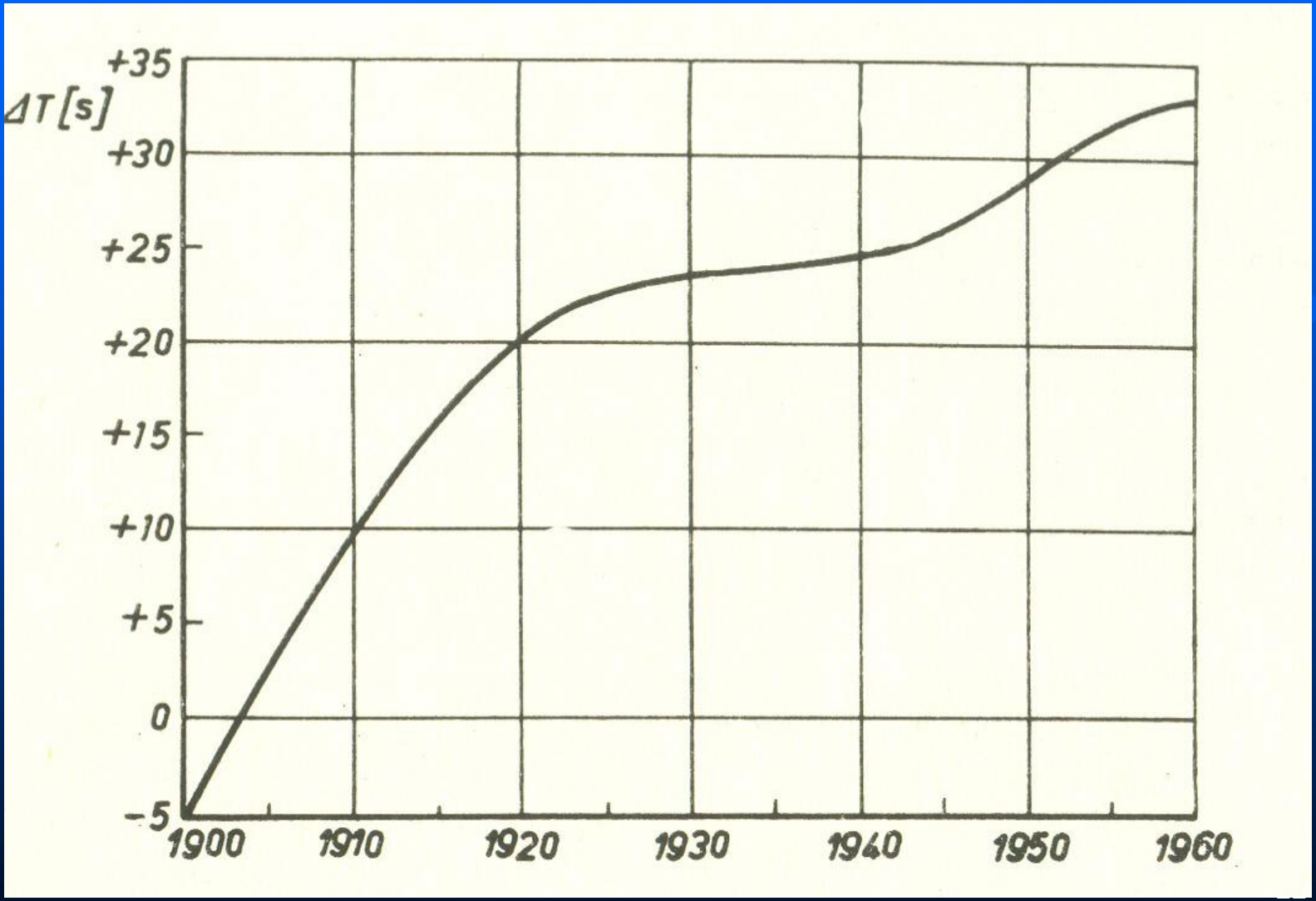
Efemeridový čas - *EČ*

- Byl zaveden v roce 1960 a používá se při výpočtu efemerid
- Jedná se o rovnoměrně plynoucí čas nezávislý na rotaci Země a definovaný zákony dynamiky.
- Určuje se v principu z pohybu Měsíce a planet
- Vypočte se ze vtahu:

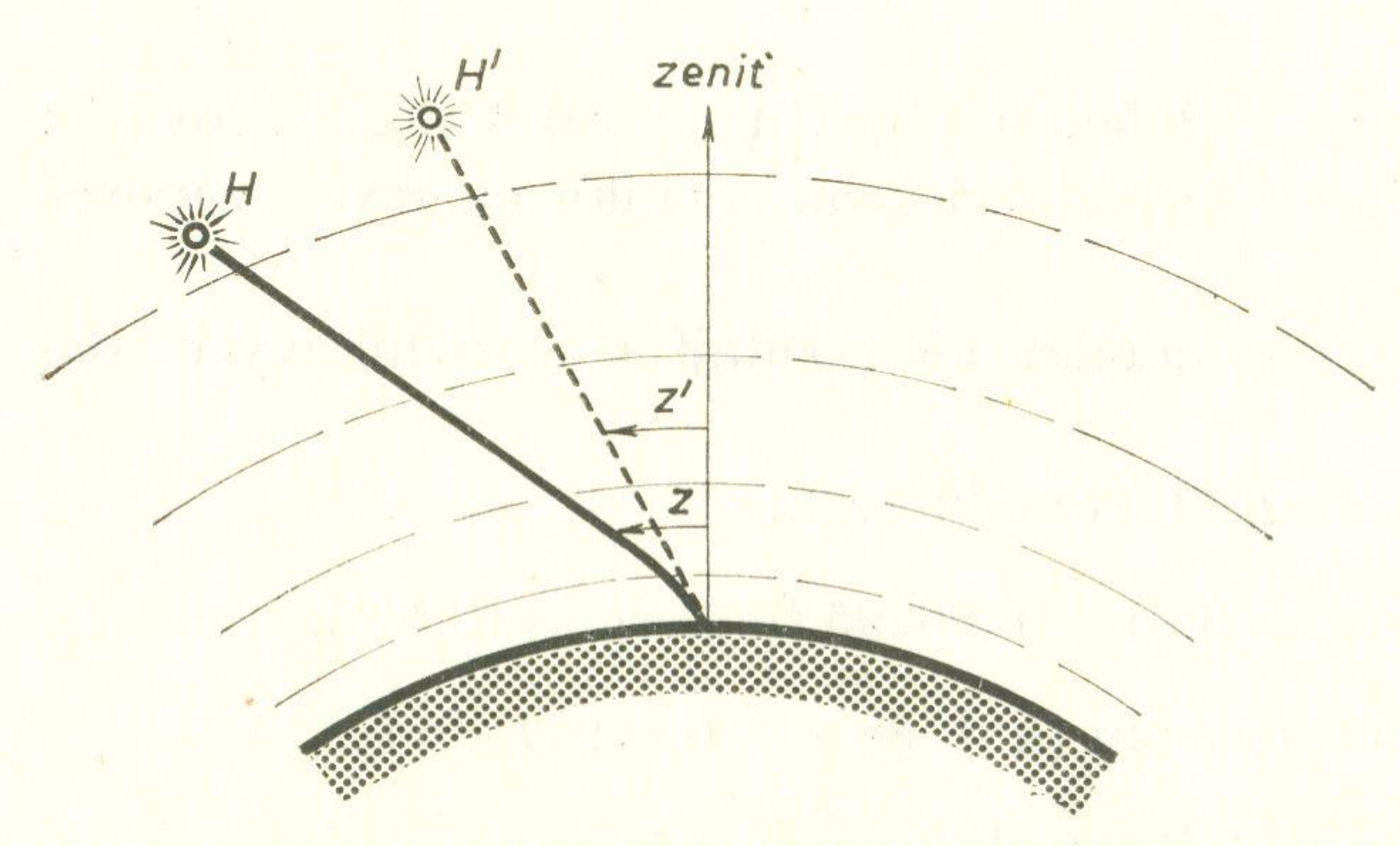
$$EČ = UT + \Delta T$$

- Veličina ΔT je závislá na epoše a určuje se z pozorování

Průběh ΔT v období 1900 - 1960



Refrakce



Refrakce

- Lom světelného paprsku v ovzduší Země
- Refrakce způsobuje, že těleso vidíme ve větší výšce než ve skutečnosti je
- Tento efekt je tím silnější, čím níž je pozorované těleso nad obzorem
- Může nastat případ, že vidíme těleso, které je ve skutečnosti pod obzorem
- Refrakce se vypočte ze vztahu:

$$R = k * \operatorname{tg} z'$$

kde k je tzv. refrakční konstanta, která je závislá na barometrickém tlaku a teplotě (při 760 torr a 0 °C její velikost činí 60,2“)

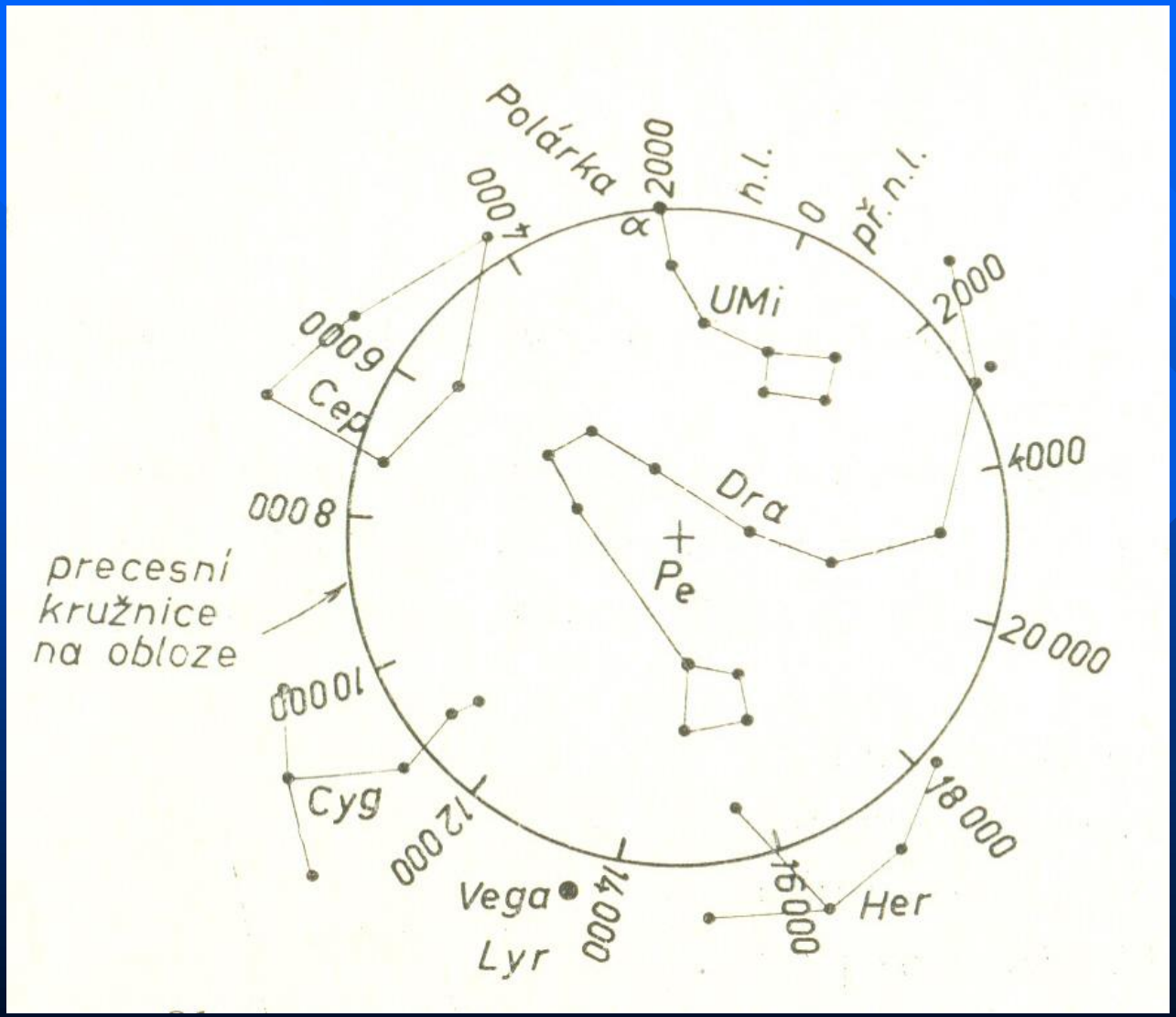
Nutace

- Periodické kolísání zemské osy, překládající se přes precesní pohyb
- Perioda nutace činí 18,7 roku
- Její hlavní příčinou jsou periodické změny gravitačních účinků Měsíce na rotující zemský elipsoid
- Nutací se mění poloha jarního bodu a sklon ekliptiky k rovníku

Precese

- Dlouhoperiodický kuželový pohyb zemské osy
- Vzniká gravitačním působením Měsíce a Slunce
- Projevuje se změnou polohy světového pólů vzhledem k hvězdám
- Do téže polohy se světový pól dostane přibližně za 25 000 let – tzv. **Platonův rok**

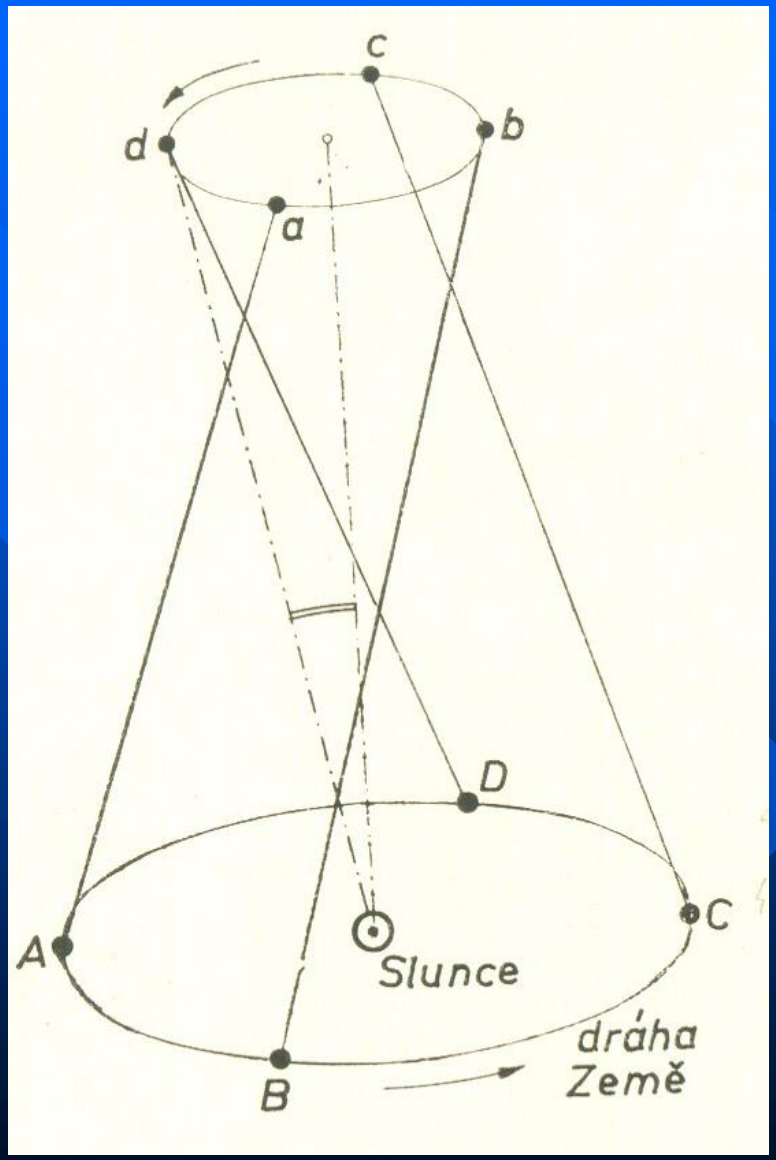
Precese


Polárka
2000
n.l.
0
př.n.l.
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000
18000
20000
UMi
Cep
Dra
Pe
Cyg
Vega
Lyr
Her
precesní kružnice na obloze

Aberace

- Malé zdánlivé posunutí polohy pozorované hvězdy, způsobené kombinací vlivu pohybu Země a konečné rychlosti šíření světla
- **Roční aberace** – vzniká v důsledku pohybu Země po oběžné dráze kolem Slunce. V průběhu roku se hvězda posunuje a opisuje elipsu.Je velikost činí kolem 20“
- **Denní aberace** – mnohem menší posun polohy hvězdy směrem k východu způsobený rotací Země okolo své osy. Pro pozorovatele na rovníku činí 0,32“

Roční aberace



Zdánlivá hvězdná velikost

- Vyjadřuje jasnost hvězdy v logaritmické míře
- Viditelné hvězdy byly uspořádány do 6 tříd, nejslabší okem viditelné hvězdy byly zařazeny do 6 skupiny
- Hvězdná velikost se vyjadřuje v kladných, ale i v záporných číslech
- Platí, že čím je číslo nižší, tím je hvězda jasnější
- Rozdíl 5 hvězdných tříd odpovídá poměr 1:100

Nejjasnější objekty na obloze

- Slunce (- 27 mag.)
- Měsíc (- 12 mag.)
- Venuše (- 4,5 mag.)
- Jupiter (- 2,5 mag.)
- Sirius (- 1,5 mag.)

Absolutní hvězdná velikost

- Jasnost, jakou by hvězda měla při pozorování ze vzdálenosti 10 parseků (32,6 ly)
- Vypočteme ji ze vztahu:

$$M = m + 5 - 5 \log d$$

kde

m je zdánlivá hvězdná velikost

d je vzdálenost hvězdy v parsekách

- Absolutní hvězdná velikost závisí na ***svítivosti*** a ***vzdálenosti*** hvězdy
- Absolutní hvězdná velikost Slunce je + 4,71