

# praktická astronomie

transformace souřadnic  
systémy měření času  
hvězdné katalogy a atlasy

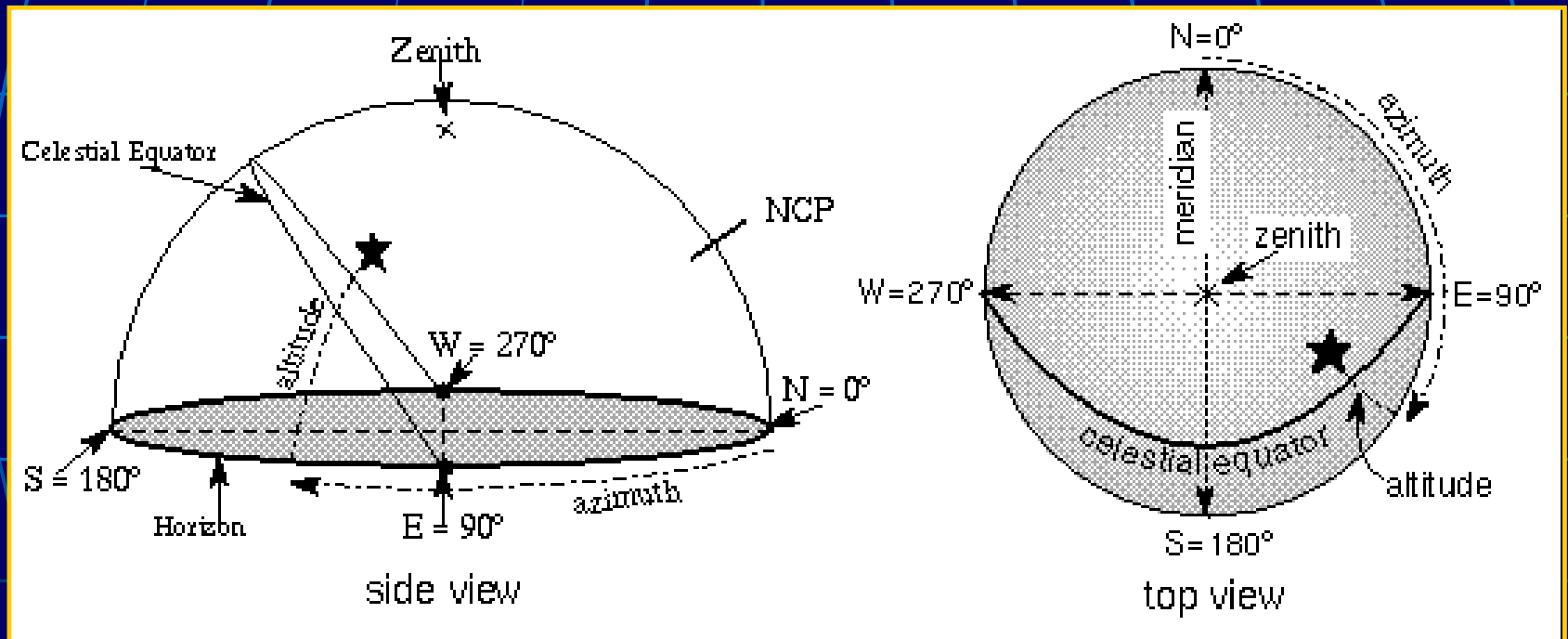
# soustavy souřadnic

- ve fyzice většinou užíváme soustavy pravoúhlých souřadnic, případně polárních či sférických.
- zavedení souřadného systému - obecně zahrnuje definici
  - počátku souřadné soustavy
  - základní roviny (prochází počátkem s. s.)
  - základního směru, který v této rovině leží.
- v astronomii se používají souřadnice
  - *topocentrické* (počátek v místě pozorovacího stan.)
  - *geocentrické* (střed Země)
  - *heliocentrické* (střed Slunce)

# soustavy souřadnic

- sférické souřadnice - poloha bodu je určena 2 úhly a vzdáleností bodu od počátku, takové souřadnice jsou vhodné pro astronomické účely
- **souřadnice obzorníkové (horizontální)**
  - základní rovina - rovina ideálního horizontu (tečná rovina „ k Zemi“ v místě pozorování)
  - základní směr - směr k jihu
- pak jsou souřadnicemi
  - **h - výška nad obzorem ( $h \in \langle -90^\circ ; 90^\circ \rangle$ )**
  - **A - azimut ( $A \in \langle 0, 360^\circ \rangle$ )**, což je úhel od jižního směru určovaný po směru chodu hodinových ručiček ( jih  $0^\circ$ , západ  $90^\circ$ , sever  $180^\circ$  a východ  $270^\circ$ ).
- jsou to souřadnice nejen topocentrické, ale i časově závislé.

# soustavy souřadnic





# soustavy souřadnic

## ■ rovníkové souřadnice

- ZR - rovina rovníku
- ZS - směr průsečíku meridiánu a roviny rovníku v případě RS I. druhu
- ZS - směr k jarnímu bodu - v případě RS II. druhu

## ■ RS I. druhu

## ■ souřadnice

- ***deklinace ( $\delta$ ) není časově závislá,  $\delta \in \langle -90^\circ; +90^\circ \rangle$***
- ***hodinový úhel ( $t$ ) mění se dle času i místa pozorování***

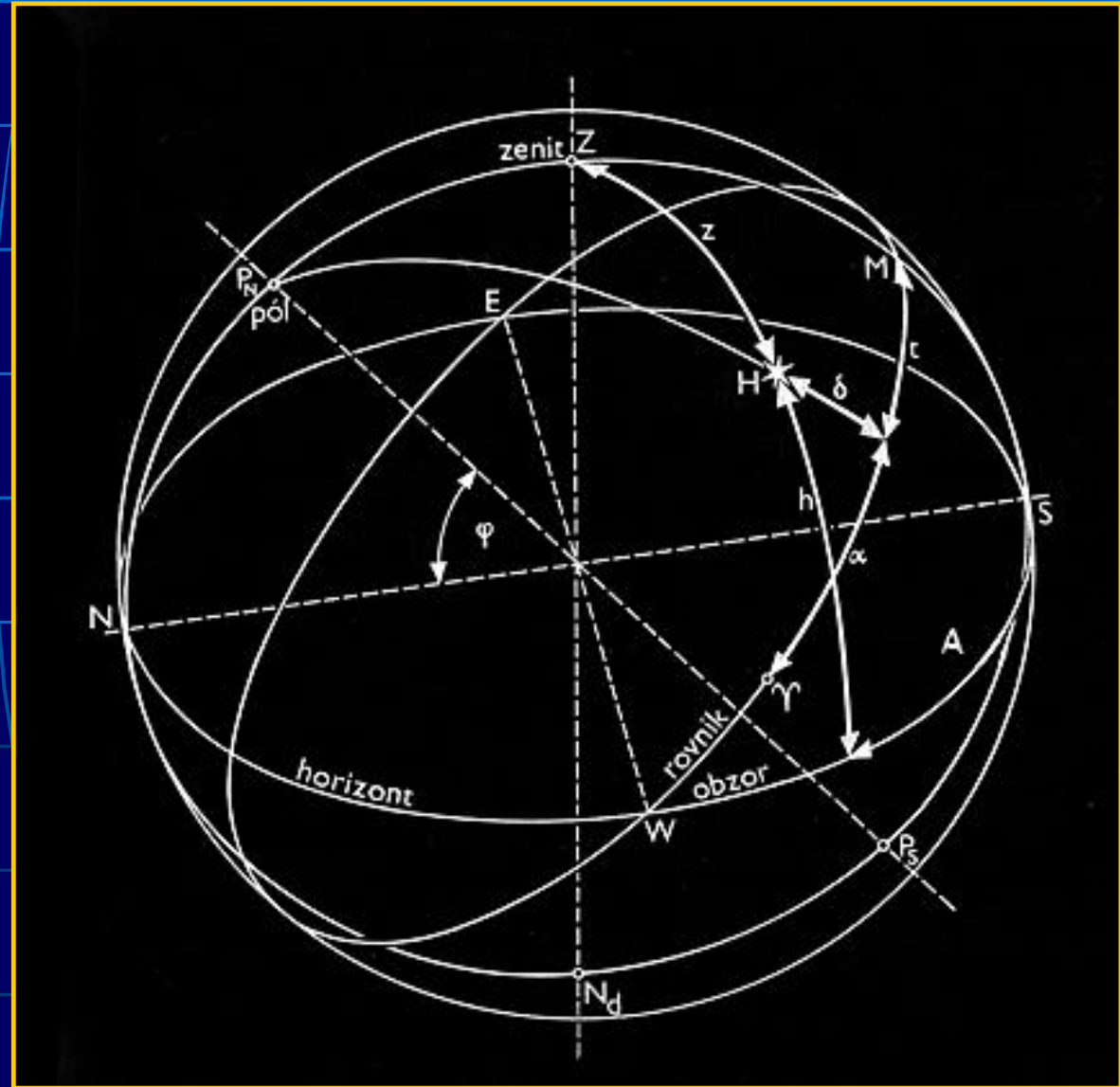
## ■ RS II. druhu

## ■ souřadnice

- ***deklinace ( $\delta$ ),  $\delta \in \langle -90^\circ; +90^\circ \rangle$***
- ***rektascenze ( $\alpha$ )***

- mění se pouze v závislosti na změně směru k jarnímu bodu

# soustavy souřadnic



# soustavy souřadnic

- **Jarní bod** je směr definovaný společnou přímkou roviny světového rovníku a roviny ekliptiky, tato přímka je počátkem souřadnicové soustavy rozdělena na 2 polopřímky, jedna určuje směr jarního bodu, druhá směr podzimního bodu
- **časově - úhlová míra** je vyjádření úhlu v jednotkách, které obvykle užíváme pro čas, vycházíme z úvahy, že  $360^\circ = 24$  hod (1 hod =  $15^\circ$ ;  $1^\circ = 4$  min. atd.), v těchto jednotkách se běžně udává hodnota hodinového úhlu i rektascenze

# soustavy souřadnic

## ■ ekliptikální souřadnice

- ZR je rovina ekliptiky

- ZS je směr k jarnímu bodu

$\lambda$  - **ekliptikální délka** - měřená od j. b. ve směru ročního pohybu Slunce

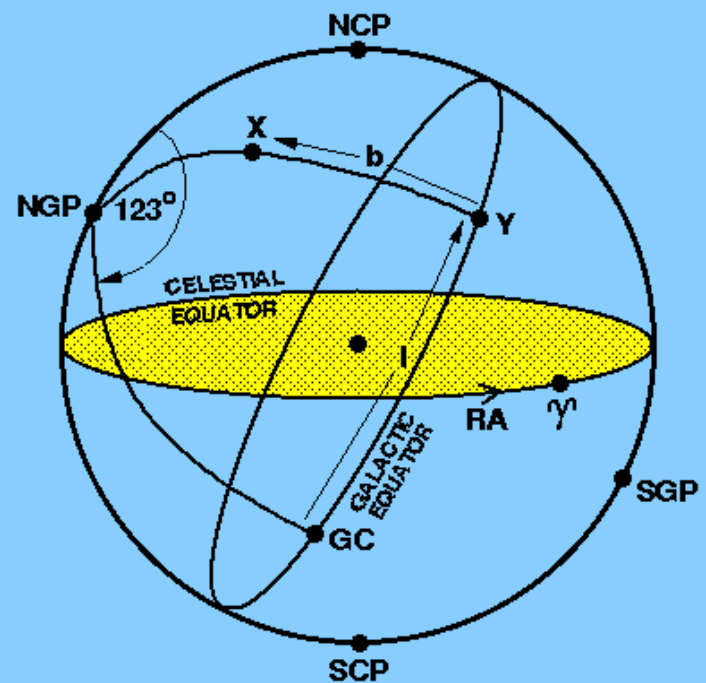
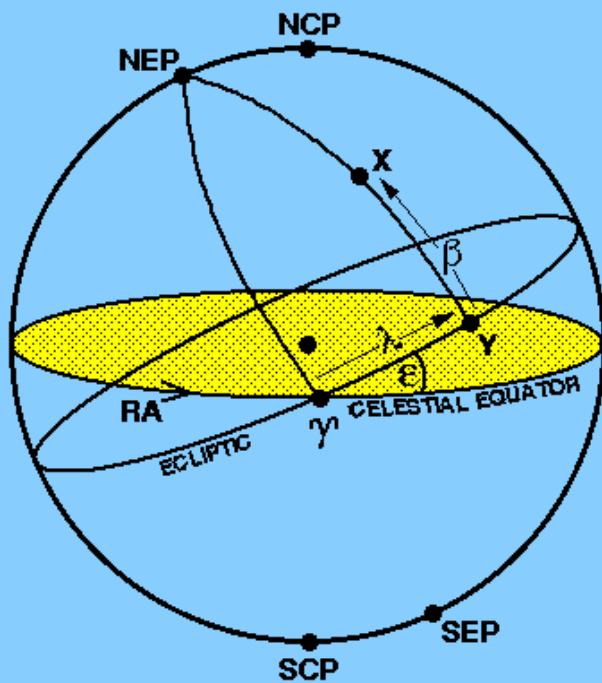
$\beta$  - **ekliptikální šířka** - obdoba deklinace

- použití hlavně při výpočtech drah těles ve SS

## ■ galaktické souřadnice

- ZR - rovina galaktického rovníku, je definována nepřímo (polohou galaktických pólů)

# soustavy souřadnic



# transformace souřadnic

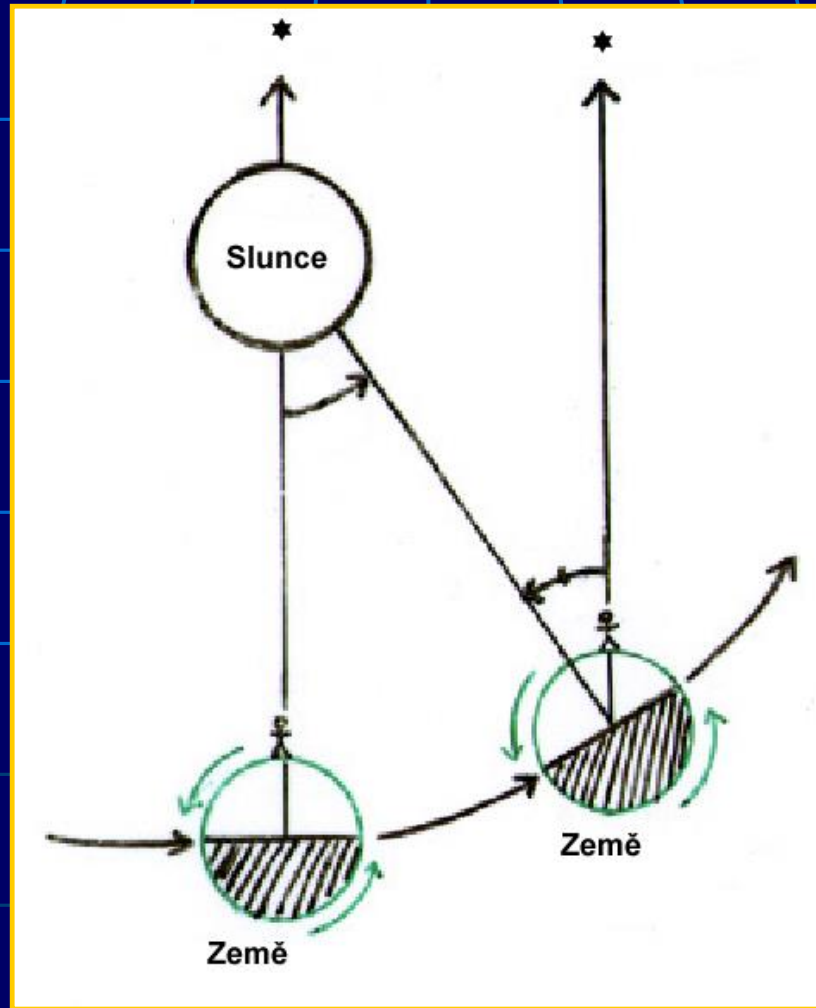
- nejpřehlednější je maticový zápis
- Astronomická příručka
- podrobněji:
  - Melicher, Fixel, Kabeláč „Geodetická astronómia a základy kozmickej geodézie“, Alfa Bratislava, 1993, ISBN 8005011067
  - <http://old.gis.zcu.cz/studium/gev/geodezie/geodezie.pdf>



# systemy měření času

- klasické pojetí času - veličina, jejíž hodnota se trvale mění, rovnoměrně narůstá, je měřitelný až ve spojení s pohybem v konkrétní souřadné soustavě
- princip měření - zvolit vhodné periodické děje, v prvním přiblížení lze považovat i rotaci Země za rovnoměrný periodický děj a odvozovat z něj čas
- **hvězdný den** - čas mezi dvěma horními kulminacemi jarního bodu
- **pravý sluneční den** - doba mezi dvěma spodními kulminacemi skutečného Slunce.
- rozdíl mezi nimi je 3 min 56 sec - důvodem je oběh Země kolem Slunce

# systemy měření času





# systemy měření času

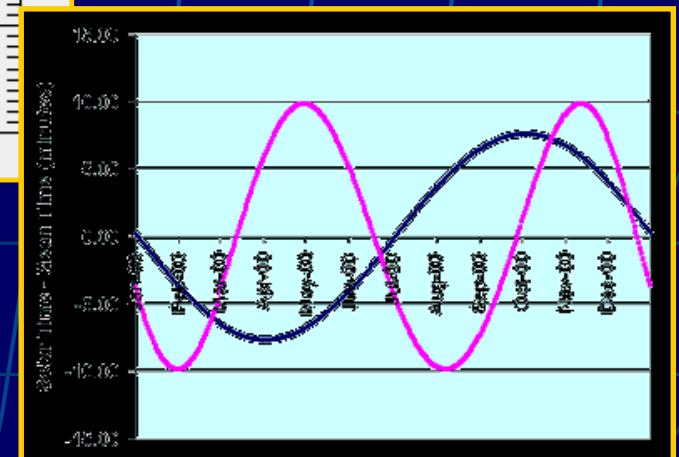
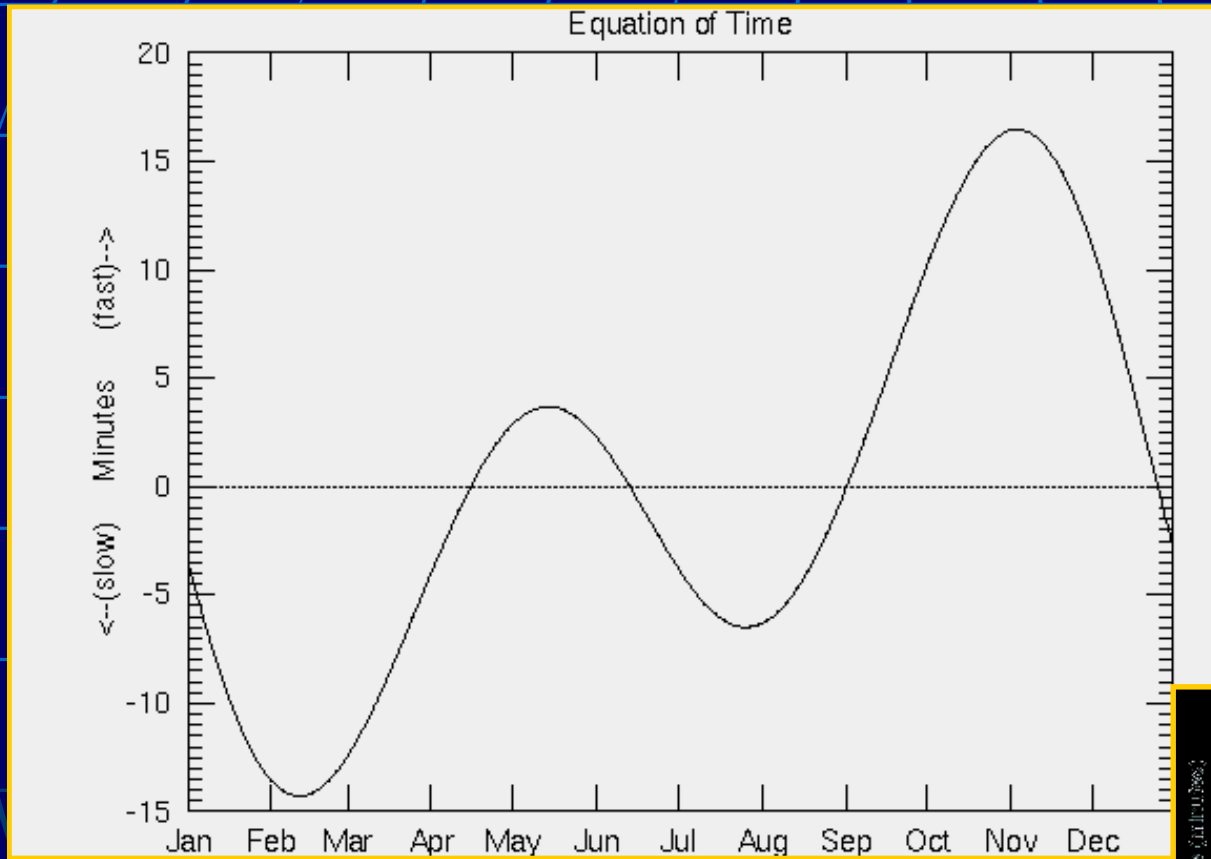
## Nepravidelnosti:

1. Slunce - nerovnoměrný pohyb po ekliptice, nejrychleji - Země v perihelu, nejpomaleji - Země v afelu.
  2. Slunce se nepohybuje po rovníku, ale po ekliptice.
- rozdíly mezi časem takto odvozovaným a časem rovnoměrným jsou až 15 minut, proto bylo pravé Slunce nahrazeno fiktivním tělesem - tzv. ***středním Sluncem***
  - střední Slunce může být dvojit:
    1. takové, které se pohybuje po ekliptice rovnoměrně (jako by se Země pohybovala kolem Slunce po kružnici)
    2. pohybuje se rovnoměrně po rovníku

# systemy měření času

- obě střední Slunce se shodují v jarní a podzimní rovnodennosti.
- čas mezi dvěma následujícími průchody středních Sluncí jarním b. = **tropický rok**.
- **střední čas** - takto lze definovat pojem středního slunečního dne, což je doba mezi dvěma spodními kulminacemi druhého středního Slunce
- rozdíl mezi slunečním časem pravým a středním udává tzv. časová rovnice  $R = T_v - T$ , kde  $T_v$  je pravý sluneční čas

# systemy měření času

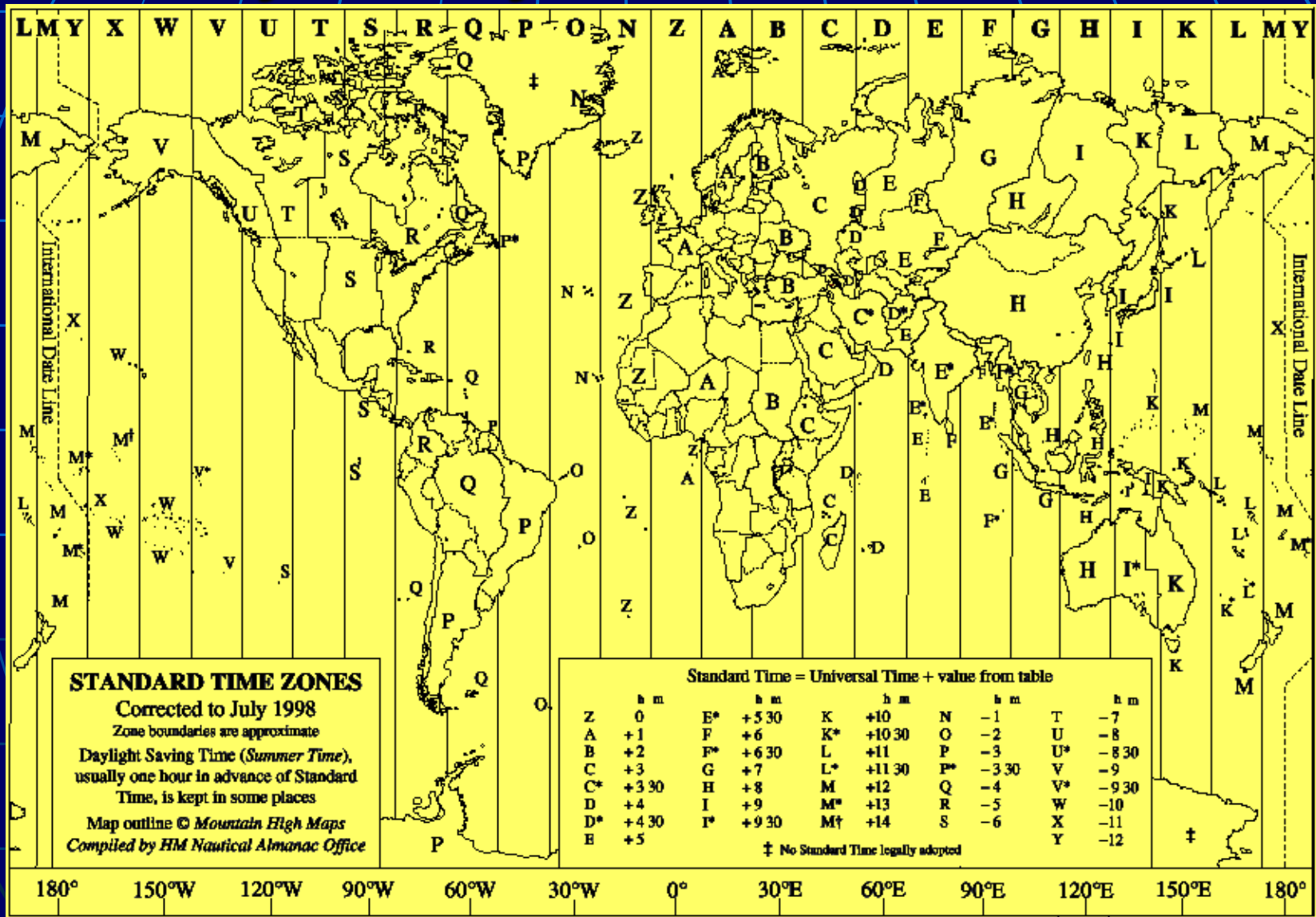


# systemy měření času

## Pásmový čas

- každé pozorovací stanoviště má svůj tzv. místní čas, toho se skutečně dříve užívalo, teprve v předminulém století byl postupně zaveden tzv. pásmový čas, který se od světového (UT) liší celistvým počtem hodin, je to tedy místní čas 15., 30., 45. atd. poledníku
- ČR - SEČ - čili místní čas 15° v.d. (Jindřichův Hradec)
- Opava má korekci -11,5 minuty
- z tohoto systému také logicky vyplývá existence tzv. datové hranice
- novinka minulého století je periodický přechod na tzv. **letní čas** = pásmový + 1 hodina, experiment i s tzv. **zimním časem** (pásmový - 1 hod.) se neujal

# systemy měření času





# systemy měření času

## Systemy počítání roků, kalendáře

- měsíční, sluneční, kombinovaný - 3 možné báze kalendáře
- původ našeho kalendáře - Egypt

### ■ Juliánská reforma

- každý 4. rok byl přestupný (24. únor měl 48 hodin!) trval tedy 366 dnů, takový rok je však delší a rozdíl naroste za 128 let na 1 den

### ■ Gregoriánská reforma

- v roce 1582 (po 4.10. bylo hned 15.10.) stanovila, že roky na konci století budou přestupné jen tehdy, lze-li je dělit 400 beze zbytku tj. 1600, 2000, 2400 atd, ostatní ne

### ■ v astronomii se používá jiného systému - průběžného číslování dnů - tzv. **Juliánské datum** (JD)

- zavedl jej francouzský astronom **Scaliger** (1540-1609)
- počátek datování (nazval ho juliánským na počest svého otce Julia) zvolil na **1. leden 4713 před n. l.**, čili 1. leden roku - 4712
- např. 16. 2. 2006 0 h SČ = JD 2 453 782.5
- je to velice výhodný systém pro sledování periodických jevů na delší časové bázi (např. změn jasnosti proměnných hvězd).
- **převodník JD**

# systemy měření času

## změny zemské rotace

1. roční perioda, amplituda 22 ms - odpovídá pravidelným klimatickým změnám, přesun vzdušných a vodních hmot
2. půlroční perioda, amplituda 10 ms - elipticita dráhy Země, kolísání gravitačního působení
3. perioda 13,8 a 27,6 dne, amplituda  $< 1$  ms - excentricita dráhy Měsíce

# systemy měření času

## atomový čas

- sekunda byla původně definovaná jako 1/86 400 díl středního slunečního dne, ale vzhledem k nerovnoměrnostem v rotačním pohybu Země, nebyla tato definice dlouhodobě udržitelná
- v roce 1960 na jedenácté konferenci CGPM byla změněna definice sekundy, byla přijata definice Mezinárodní astronomické unie založená na přesně definovaném zlomku tropického roku
- poté se ukázalo, že definice založená na frekvenci záření při přechodu mezi dvěma hladinami v atomu či molekule by byla mnohem přesnější
- došlo ke změně definice sekundy v roce 1967, stalo se tak na třinácté konferenci CGPM, od té doby je sekunda definována jako doba trvání 9 192 631 770 period záření, které odpovídá přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu atomu Cs 133
- čas je dnes nejpřesněji měřitelnou fyzikální veličinou, frekvenční přesnost dosáhla v roce 2005 už  $5 \cdot 10^{-16}$  (chyba 1 s za cca 60 milionů let!) NIST

- přehled časových systémů

- vše o času



# hvězdný čas

- hvězdný čas se dá chápat také jako hodinový úhel jarního bodu (v okamžiku svrchního průchodu j. b. meridiánem je h. č. = 0 hod 0 min 0 sec)
- je-li hodinový úhel j. b.  $15^\circ = 1\text{h}$ , pak místní hvězdný čas je 1 hodina a kulminují hvězdy s rektascenzí 1h; atd.
- platí vztah: ***hvězdný čas*** =  $\alpha + t$ , kde  $\alpha$  je rektascenze a  $t$  hodinový úhel
- pak také: ***t*** = ***hvězdný čas*** -  $\alpha$
- praktické příklady viz cvičení

# hvězdné katalogy, atlasy, ročenky

- tištěná i elektronická podoba, v elektronické verzi mohou všechny 3 typy publikací splývat
- tištěná podoba – nezastupitelné místo i v dnešní době (extrémní podmínky, nezávislost na zdroji energie)
- tyto informační zdroje nám umožňují především:
  - vyhledat údaje o objektu
  - určit polohu objektu na obloze
  - vyhledat objekty požadovaných vlastností
  - nalézt objekt na obloze pokud jej chceme pozorovat

# hvězdné katalogy, atlasy, ročenky

## (Yale) Bright Star Catalog

- označován také BSC, YBSC nebo YBS, zdroj základních informací o hvězdách jasnějších než 6,5 mag
- 9096 z 9110 objektů v katalogu jsou hvězdy
  - kromě označení (včetně jiných katalogových) jsou uvedeny: rovníkové (B1900.0 a J2000.0) a galaktické souřadnice, vlastní pohyb (J2000.0), fotometrické hvězdné velikosti UBVRI (pokud jsou známy), Morganova-Keenanova spektrální klasifikace
  - poslední tištěná verze „The Bright Star Catalogue; 4th revised edition“, D. Hoffleit, C. Jaschek, 1982
  - 5. vydání je zde: [BSC](#)
  - je podkladem mnoha „PC planetárií“, např. [C88](#)
  - atlas hvězd do 7 mag ke stažení  
<http://www.astro.cz/mirror/atlas/czech/>

# hvězdné katalogy, atlasy, ročenky

## Bonner Durchmusterung (BD) a Cordoba Durchmusterung (CD)

- BD je výsledkem vizuálního pozorování hvězd s deklinací od +89 do -01 stupňů, která provedl Argelander a jeho asistenti v letech 1852-1861, katalog obsahuje všechny hvězdy do 9,5 mag, polohy byly určeny s přesností 0,1 sec v rektascenzi a 0,1 úhlové minuty v deklinaci
- Cordoba Durchmusterung je výsledkem vizuálního pozorování hvězd s deklinací od -22 do -89 stupňů, je vlastně rozšířením katalogu BD.
- výsledky byly zpracovány jak do katalogů, tak do podoby atlasů
- <http://cdsweb.u-strasbg.fr/cgi-bin/qcat?I/122>

# hvězdné katalogy, atlasy, ročenky

## Henry Draper Catalog (HD)

- stal se základem pro spektrální klasifikaci hvězd, limitující byla tedy citlivost desek, na které se pořizovala spektra (tedy do  $m_{pg} = 9$  mag (Cannon and Pickering, 1918-1924))
- později rošířen o vybrané oblasti (Cannon 1936 a Cannon, Mayall 1949) – označovány HDE
- katalogy HD a HDE
- popis katalogů  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Henry\\_Draper\\_Catalogue](https://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Draper_Catalogue)
- vznik katalogu byl financován nadací Dr. Henry Drapera, průkopníka astrofotografie,  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Henry\\_Draper](https://cs.wikipedia.org/wiki/Henry_Draper)



# hvězdné katalogy, atlasy, ročenky

## Palomar Observatory Sky Survey (POSS)

- původní „National Geographic Palomar Sky Survey“ byl dokončen v roce 1954 (48 palcová Schmidtova komora na Mt. Palomar)
- byly exponovány fotografické desky (14 palců<sup>2</sup>), každá pokryla 6x6 stupňů oblohy, původně od +90 do -24 stupňů v 879 oblastech na „červenou“ i „modrou“ emulzi (hvězdy do 22 mag), pak ale došlo k rozšíření až na deklinaci -42 stupňů
- viz <http://www.astro.caltech.edu/~wws/poss2.html>
- nyní je vše dostupné v digitální podobě na Digitized Sky Survey (DSS) [http://archive.stsci.edu/cgi-bin/dss\\_form](http://archive.stsci.edu/cgi-bin/dss_form)

## Guide Star Catalogue

- sestaven pro potřeby HST, asi  $14 \cdot 10^6$  objektů [GSC](#)

Hipparcos 118 000 hvězd do 12,4 mag

Tycho 1 058 000 hvězd do 11,5 mag

# hvězdné katalogy, atlasy, ročenky

## General Catalog of Variable Stars (GCVS)

- GCVS

## Double Star Library

- DSL

## Finding List for Observers of Interacting Binary Stars

- <http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/ftp-index?VI/44/>

## The Catalogue of the Orbital Elements of Spectroscopic Binary Systems

- <http://sb9.astro.ulb.ac.be/>

# hvězdné katalogy, atlasy, ročenky

## Moderní databáze

### Centre de Données astronomiques de Strasbourg (CDS)

- „Centrum astronomických dat“ <http://cdsweb.u-strasbg.fr/CDS.html>

### SIMBAD

- databáze se základními údaji o astronomických objektech mimo SS, jejich označení, bibliografie, lze se dotazovat podle jména, souřadnic nebo jiných kritérií

### VizieR

- e-knihovna astronomických katalogů, seznamů a tabulek všeho druhu

### Aladin

- interaktivní atlas hvězdné oblohy, je spojen s databázemi SIMBAD, NED, VizieR atd.



# hvězdné katalogy, atlasy, ročenky

## Vybrané objekty

- Sommers-Bausch Observatory - katalog objektů  
<http://lyra.colorado.edu/sbo/manuals/sbocatalog/sbocatalog.html>
- snímky (Messierovy objekty, galaxie, hvězdokupy)  
<http://www.astr.ua.edu/choosepic.html>
- galaxie:  
<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/4722/glx.htm>
- proměnné hvězdy:  
[http://adc.gsfc.nasa.gov/adc/quick\\_ref/ref\\_varstar.html](http://adc.gsfc.nasa.gov/adc/quick_ref/ref_varstar.html)

# hvězdné katalogy, atlasy, ročenky

## ročenky

- speciální publikace obsahující tabulky různých astronomických údajů jako jsou souřadnice, časy atd. pro určité období - většinou jsou v platnosti 1 rok, dříve pouze tištěná podoba, dnes většinou s doplňky na disketách nebo CD, existují i on-line verze
  - Nautical Almanach,
  - Hvězdářská ročenka (Česká republika)
  - Astronomická ročenka (Slovensko)
  - KAR <http://www.hvezcb.cz/cgi-bin/kar.cgi>
  - U.S. Naval Observatory  
<http://aa.usno.navy.mil/data/>
  - Portál <http://www.calsky.com>

hvězdné katalogy, atlasy, ročenky

přehled literatury a vědeckých článků

- ADS - Astrophysics Data Service

# Proměnné hvězdy

- <http://var2.astro.cz/czev.php?id=850>
- J031700.67+190839.6 03 17 00.67 +19 08 39.6 12.63 12.68 12.67  
19496.300
- J050904.45-074144.4 05 09 04.45 -07 41 44.4 13 13.51 13.95 13.9  
19835.305
- J061850.43+220511.9 06 18 50.43 +22 05 11.9 13.87 14.05 14.01  
18523.570
- J093010.78+533859.5 09 30 10.78 +53 38 59.5 (22) 9.56 9.67 9.66  
19674.598
- J093443.60+420831.9 09 34 43.60 +42 08 31.9 13.78 13.96 13.82  
19201.572
- Data vyše jsou SWASP jmeno, souradnice, hvezdne velikosti (max, prim,sek),  
perioda v sekundach
- <http://cds.u-strasbg.fr/cgi-bin/Dic-Simbad?1SWASP>

konéééc ...

... ale jen pro dnešek ...