

# Hvězdářský zeměpis

## Obloha a hvězdná obloha

**směr** = polopřímka, spojující oči, kterými sledujeme svět kolem sebe, s daným objektem

**obzor** = krajina, kterou obzíráme, v našem dohledu (budovy, stromy, kopce)

**obloha** = množina všech směrů, které míří nad obzor (vycházejí z 1 bodu, z pozorovatele);

**hvězdná obloha** – vzdálená kulisa, síť, k níž vztahujeme pohyby blízkých objektů (Slunce, Měsíce, planet...)

# Sférické soustavy souřadnic

Objekty na obloze - v různých směrech => úhly mezi dvěma směry -> *sférické soustavy souřadnic*.

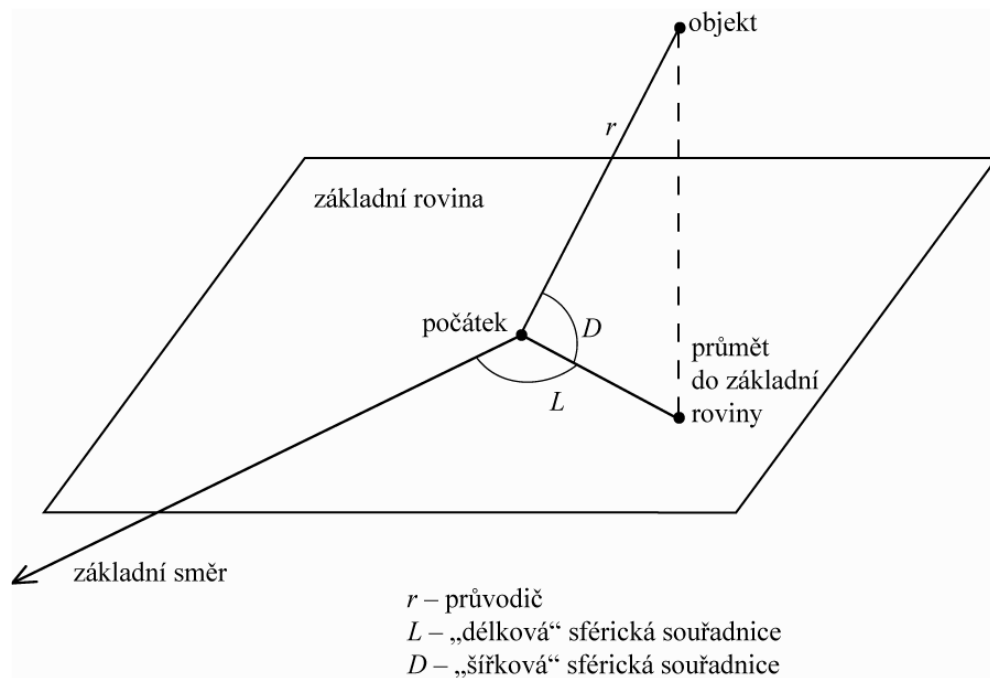
## Definice:

- počátek soustavy,
- dva různé *základní směry* – směr k pólu, rovina kolmá = rovník soustavy
- způsob určování dvou *úhlových souřadnic* – *šířkové a délkové*
- třetí souřadnice - vzdálenost objektu od počátku se neuvažuje

**šířková souřadnice** - orientovaný úhel měřený od rovníku k pólům

**poledník** = polorovina daná 2 směry -  
– k pólu a k danému objektu.

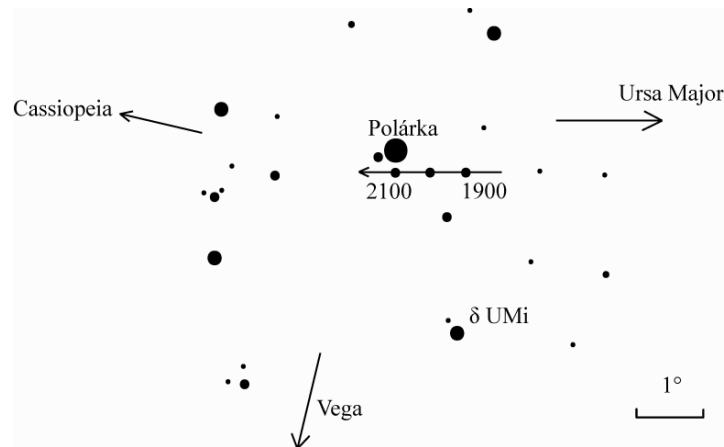
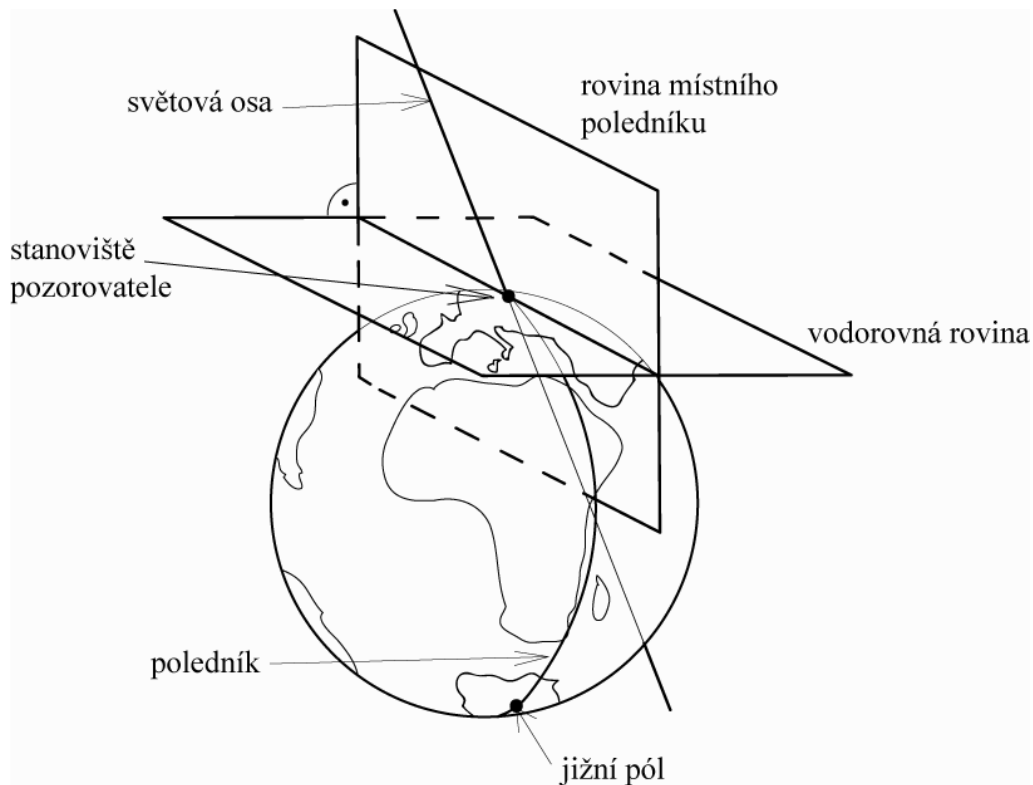
**délková souřadnice** - orientovaný úhel mezi předem vybraným základním poledníkem (ten je určen dalším základním směrem) a tím poledníkem, kde je náš objekt.



**nadhlavník (zenit)**, **podnožník (nadir)** – určen svislým směrem  
**vodorovná rovina** = rovina kolmá k zenitu, která prochází místem pozorování  
**světová osa** = přímka rovnoběžná s rotační osou Země procházející místem našeho pozorování (udává dva směry - **světovými póly**: severní a jižní). Světová osa tak určuje **světové strany**.

**světový rovník** = rovina kolmá na světovou osu procházející stanovištěm pozorovatele

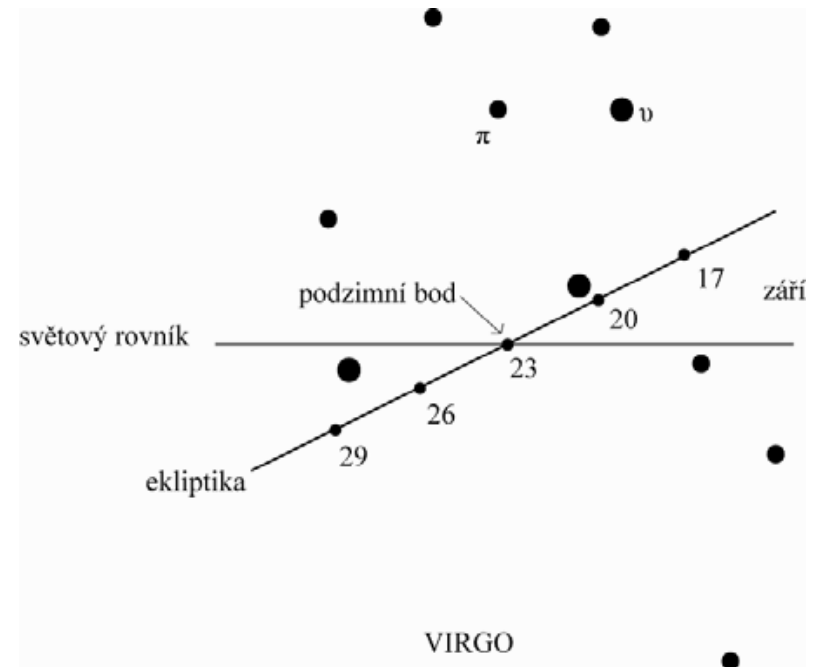
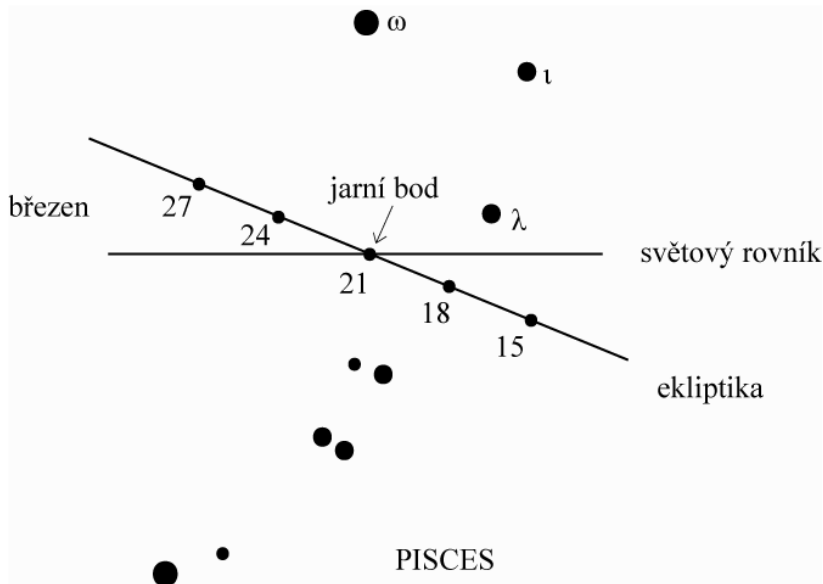
**místní poledník** (meridián) – polorovina daná směrem svislým a světovou osou



Poloha severního světového pólu.

**ekliptika** = množina všech směrů na obloze, ve kterých se nachází Slunce  
v průběhu celého roku  
rovina ekliptika = rovina oběhu Země kolem Slunce

roviny ekliptiky a světového rovníku svírají úhel asi  $23,5^\circ$  =>  
=> společná přímka (vedoucí místem pozorování) =>  
=> dva směry v prostoru - **jarní bod**, **podzimní bod**  
(bod – pozůstatek starého pojetí nebeské sféry)



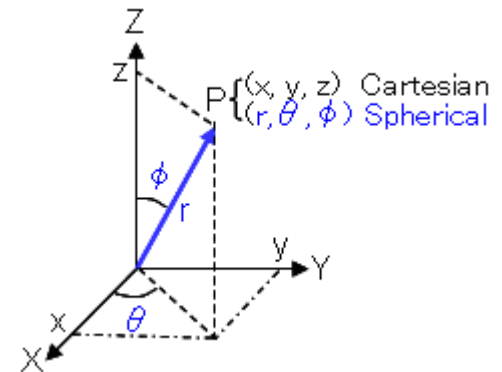


PROSÍM TĚ, PROČ NA TO FURT ČUČÍŠ, KDYŽ TOMU  
NEPOZUHÍŠ ?!

Kresba Miroslav Kemeř

# Souřadnicové soustavy v astronomii

- obzorníková
- rovníková
- rovníková 2
- ekliptikální
- galaktická



## Kdy kterou soustavu souřadnic?

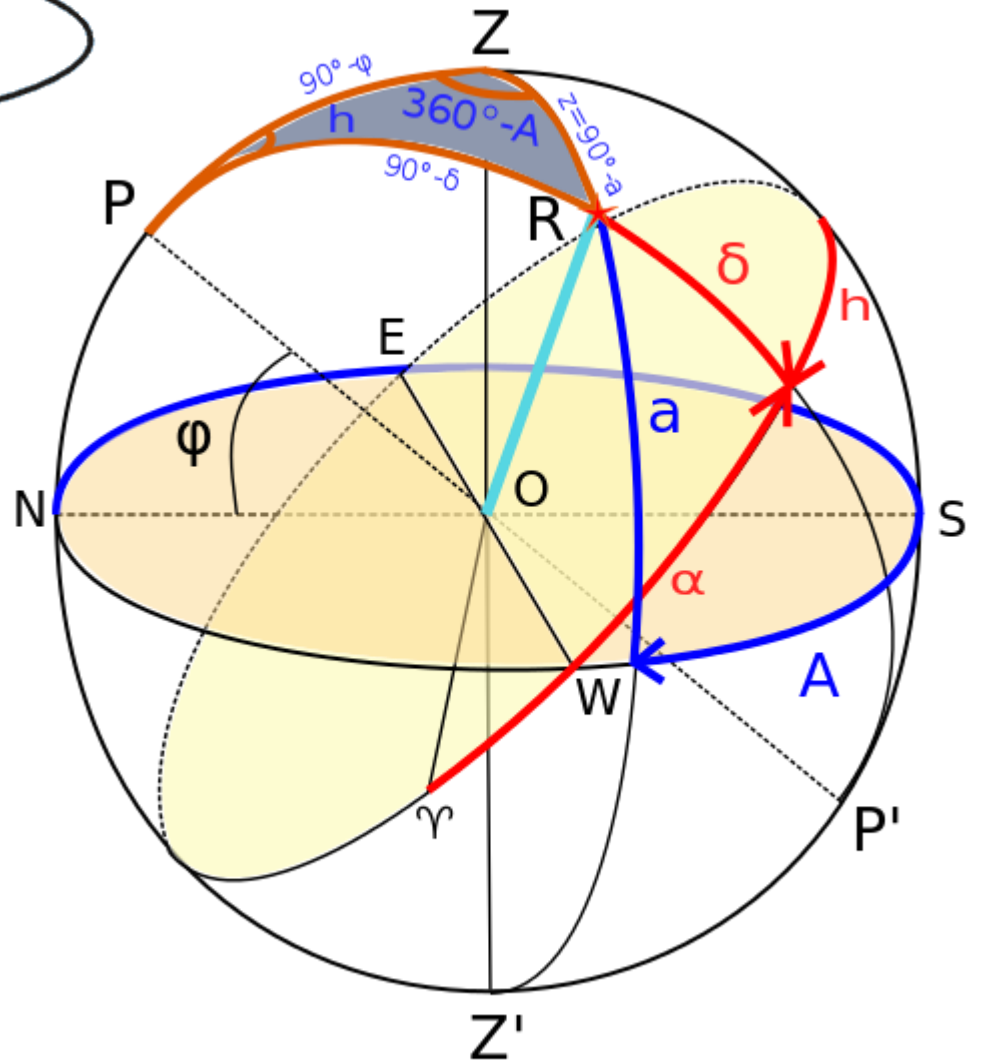
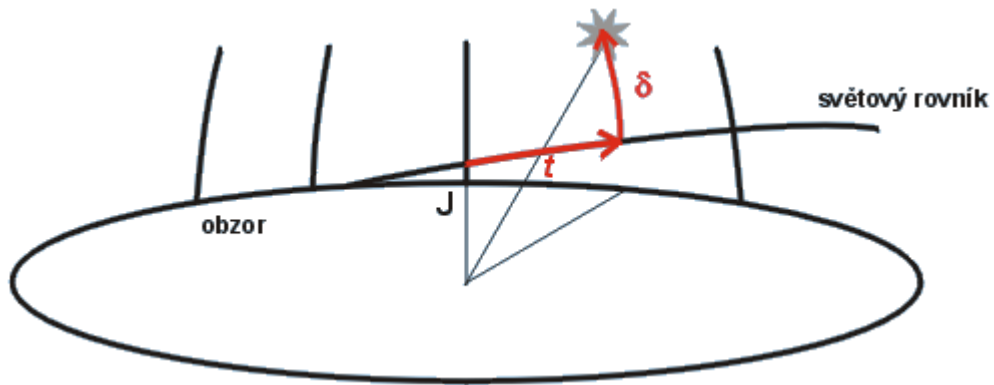
**obzorníková SS** - vázána na pozorovací stanoviště, např. hvězda Vega má *různé!* souřadnice (i ve stejný okamžik!).

**rovníková SS** – vazba na hvězdnou oblohu => nezáleží na poloze na Zemi,  $\alpha$ ,  $\delta$  objektu v téměř časovém okamžiku prakticky *stejná* všude na Zemi, neplatí pro Měsíc!

**topocentrické SS** - počátek souřadnic vztažen k jistému bodu - místu pozorování (např. obzorníková), souřadnice geocentrické, souřadnice heliocentrické, barycentrické

<i>soustava</i>	<i>zeměpisná</i>	<i>obzorníková</i>	<i>Rovníková I,II</i>	<i>ekliptikální</i>
„pól“ soustavy	severní zem. pól	zenit	severní světový pól	severní pól ekliptiky
„rovník“ soustavy	zemský rovník	vodorovná rovina	světový rovník	ekliptika
směr, který určuje základní poledník	severní	jižní	jarní bod $\Upsilon$ (II) meridián (I)	jarní bod
délková souřadnice	zeměpisná délka	azimut	rektascenze $\alpha$ (II) hodinový úhel $t$ (I)	ekliptikální délka
šířková souřadnice	zeměpisná šířka	(úhlová) výška	deklinace $\delta$	ekliptikální šířka
soustava	pravotočivá	levotočivá	pravotočivá (II) levotočivá (I)	pravotočivá

Souřadnice rovníkové soustavy 1. typu – hodinový úhel a deklinace,  
**2. typu – rektascenze a deklinace**





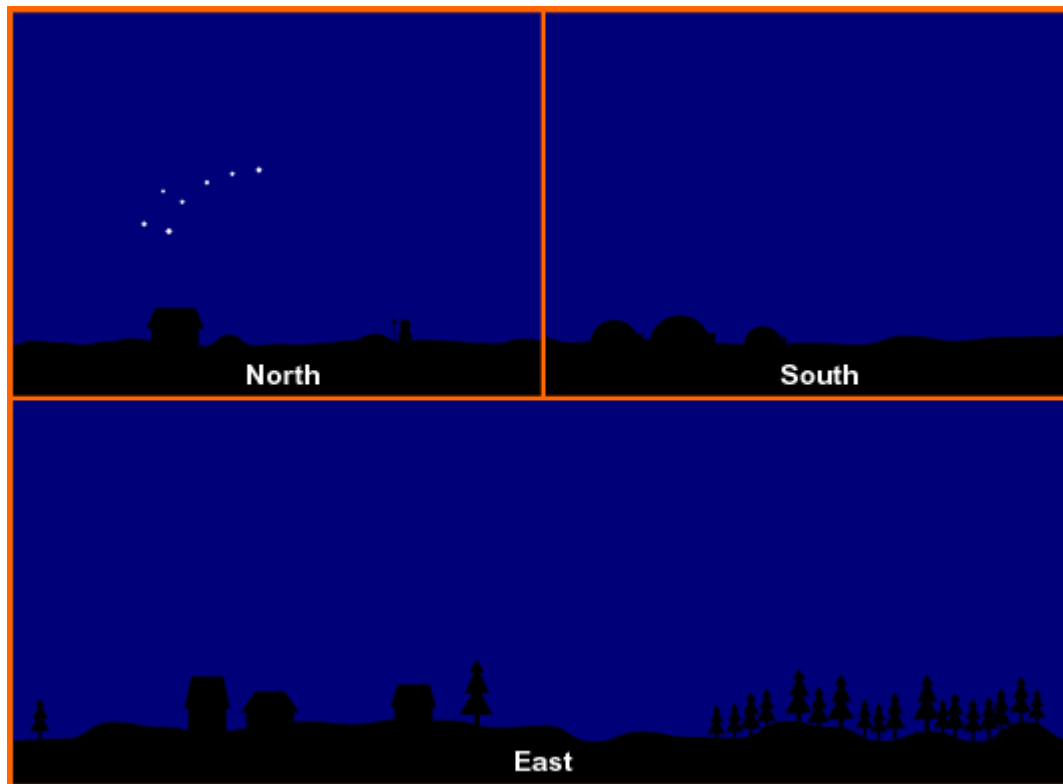
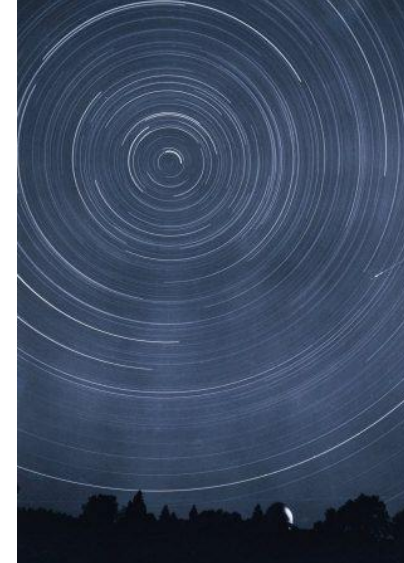
# Cestujeme po zeměkouli

- hvězdná obloha stálá, stejná souhvězdí

x

- obloha, pohyby objektů po obloze se mění s polohou pozorovatele

- poloha Polárky

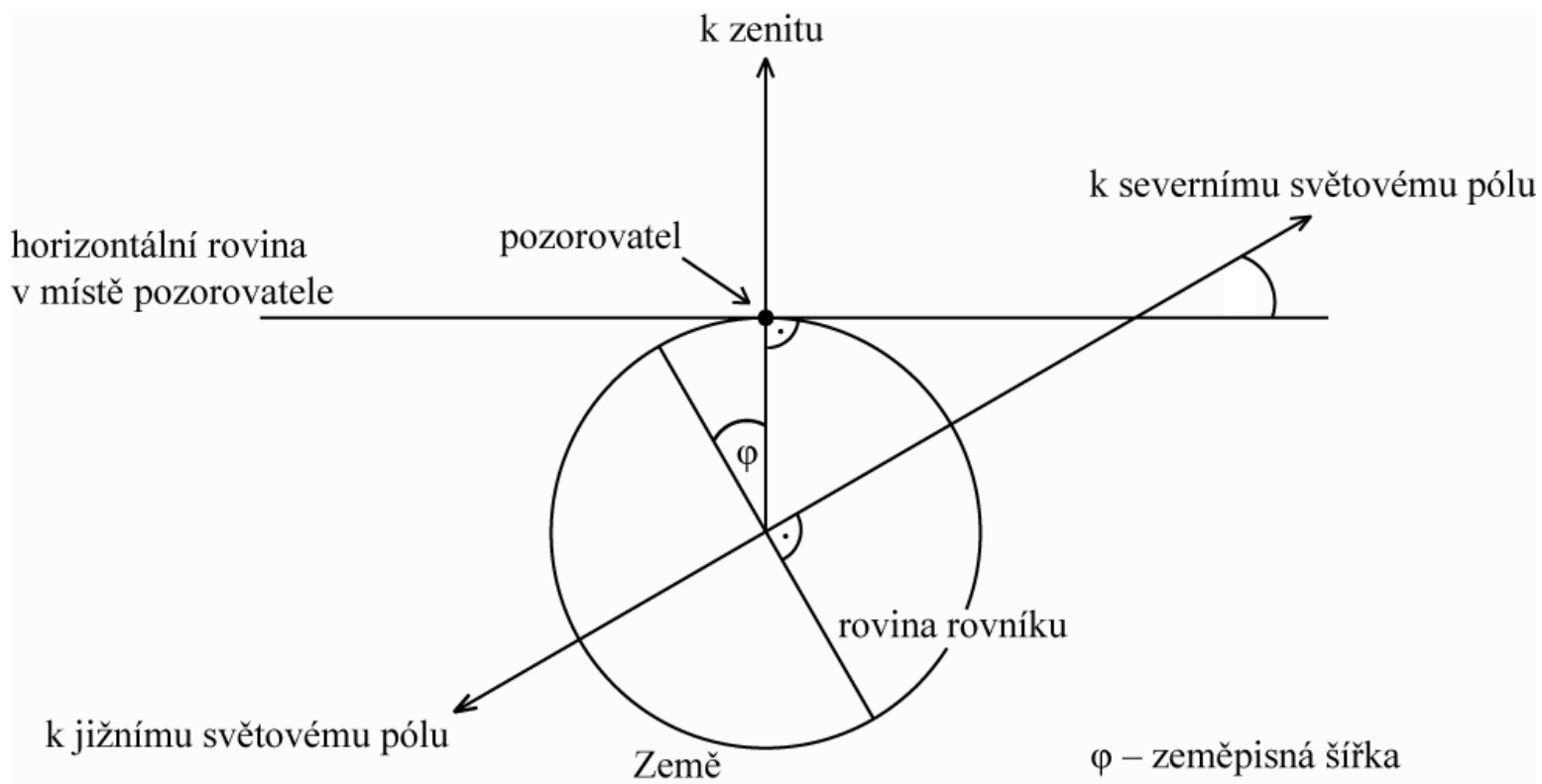


Hongkong  
22° s.š.,  
114°v.d.

Úhlová výška Polárky v místě pozorování?

Úhlová výška severního světového pólu?

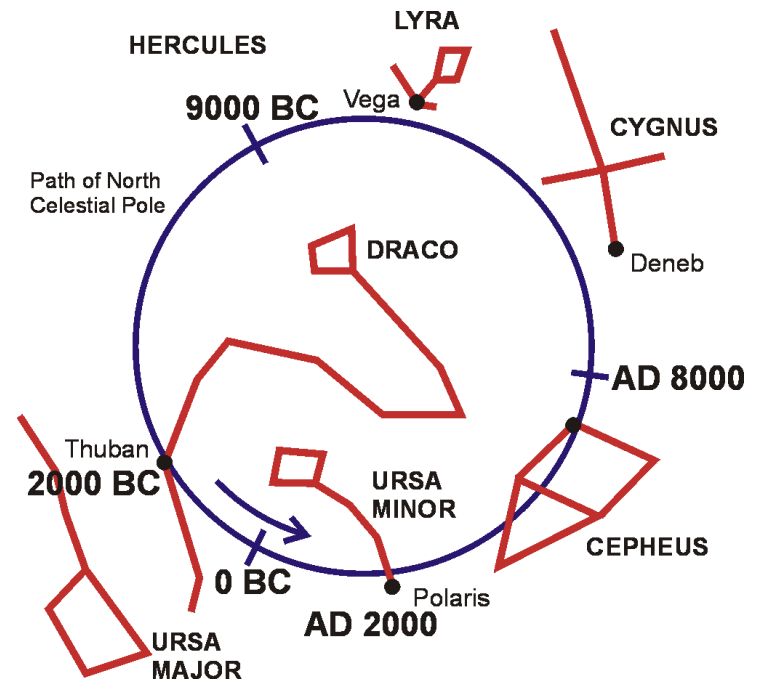
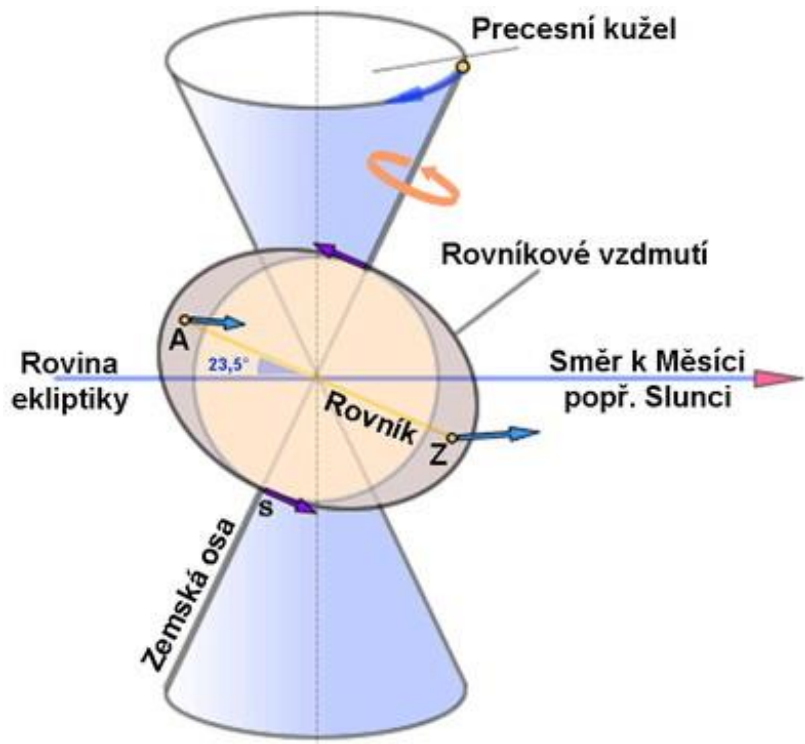
Jaký úhel svírají směr k Polárce a vodorovný směr k severu?



# Poloha zemské osy

- 1. přiblížení - rotační osa Země míří stále jedním směrem
- dlouhodobě - Hipparchos (130 let př. n. l.) – poloha rovníku i ekliptiky se mění vlivem *precese*
  - posun jarního bodu po ekliptice o cca 50,40"/rok (vliv Měsíce a Slunce)
  - změna sklonu rovníku k ekliptice o 0,46"/rok (vliv planet)

vznik precese – důsledek nekulového tvaru Země



# Čas



# Jednotky času

**sekunda** - základní jednotka času je v SI sekunda

*„Sekunda, symbol s, je SI-jednotka času. Je definována fixováním číselné hodnoty cesiové frekvence  $\Delta\nu_{Cs}$ , přechodové frekvence atomu cesia 133 v klidovém stavu při přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu, rovné 9 192 631 770, je-li vyjádřena v jednotce Hz, jež je rovna  $s^{-1}$ .“*

akceptované jednotky pro použití s jednotkami SI (dříve vedlejší jednotky SI):

**minuta** - 1 min = 60 s

**hodina** - 1 h = 60 min = 3600 s

**den** - 1 d = 24 h = 86 400 s

kalendářní jednotky - **týden, měsíc, rok** (365 dní nebo 366 dní pro přestupný rok)

den, rok - odvozeny z otáčení Země kolem své osy a jejího oběhu kolem Slunce =>  
=> nerovnoměrné => je třeba odlišovat:

kalendářní den x pravý sluneční den, střední sluneční den;

kalendářní rok x tropický rok a siderický rok!

(jiné roky – gregoriánský, anomalistický, drakonický ....)

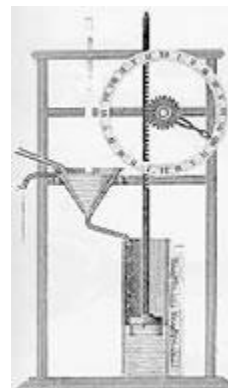
**střední juliánský rok** 1 a<sub>j</sub> = 365,25 dne =  $3,155\,76 \times 10^7$  s (dle IAU - v astronomii a astrofyzice)

# Měření času

2 způsoby:

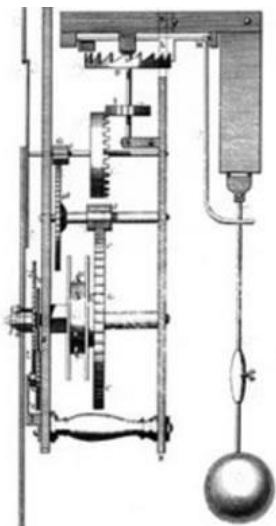
## 1. přímým měřením plynulého, rovnoměrného pohybu nebo jeho projevů

- pomocí Slunce – gnómón, sluneční hodiny – 5-3 tis. př. n. l.
- klepsydra (vodní hodiny),
- přesýpací hodiny,
- svíčkové hodiny – (520 n.l.)



## 2. počítáním pravidelných pohybů - mechanických, elektrických nebo atomárních oscilací

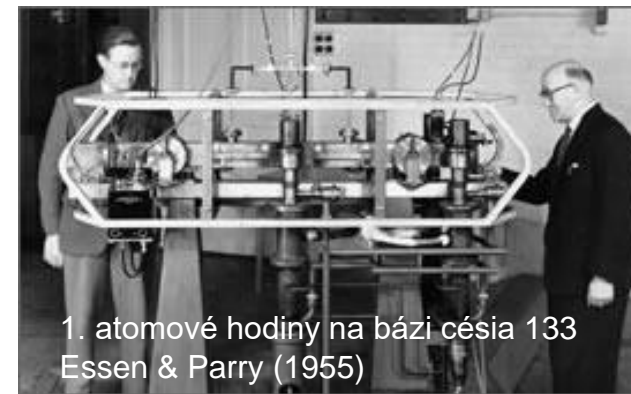
- mechanické hodiny – hnací kolo, kyvy, setrvačka (nepokoj) – před r. 1320 (mechanismus z Antikythéry 150-100 př.n.l.)
- námořní a letecké chronometry – John Harrison (1760)
- elektronické hodiny – křemenný krystal (1927)
- atomové hodiny jako nejpřesnější normály času (od 1955)



# Měření času

## Přesnost měření času

- v r. 2011 dosažena přesnost měření 1 sekunda za 32 miliard let (= relativní přesnost  $4 \times 10^{-19}$ )
- od vynálezu hodin zlepšení o 16 řádů!
- měření času a kmitočtu patří dnes k nejpřesnějším měřením vůbec
- Hinckley et al. (Science 2013) – nejpřesnější hodiny, nestabilita  $10^{-18}$  během 7 h, ytterbium – laboratorní (Bloom et al., 2004, Nature 506, 71)



1. atomové hodiny na bázi cézia 133  
Essen & Parry (1955)



Atomové hodiny NIST-F2 (Jefferts & Heavner 2014)

- National Institute of Standards and Technology (NIST)  
NIST-F2 – přesnost chodu do 1 s po 300 milionů let

[video: jak pracují atomové hodiny](#)

# Den

základní jednotka biologického času – odvozena od doby otočky Země

**dnes** - 1 d = 24 hodin = 1440 min = 86400 s

**dříve** – čas denní, noční a soumrak

čas denní dělen na 10 částí + 2 na ranní a večerní soumrak, noční někdy také na 12 dílů (starověký Egypt)

původ?

- tehdy oblíbená dvanáctková soustava,
- 12 článků prstů (bez palce)



## počítání dnů

- **starověk, středověk** – od východu Slunce (poledne – konec 6. hodiny)
- **italský** (do pol. 18. st.), **český** (do 17. st.) systém – od večera (západu Slunce, soumraku) - den 24 hodin; poledne dle roční doby např. v 15 hod nebo až v 19 hod.
- středověký **islámský** systém – od večerního soumraku
- **německý** systém – od půlnoci



# Den

**1 hvězdný den** = doba otočky Země o  $360^\circ$  vůči hvězdám

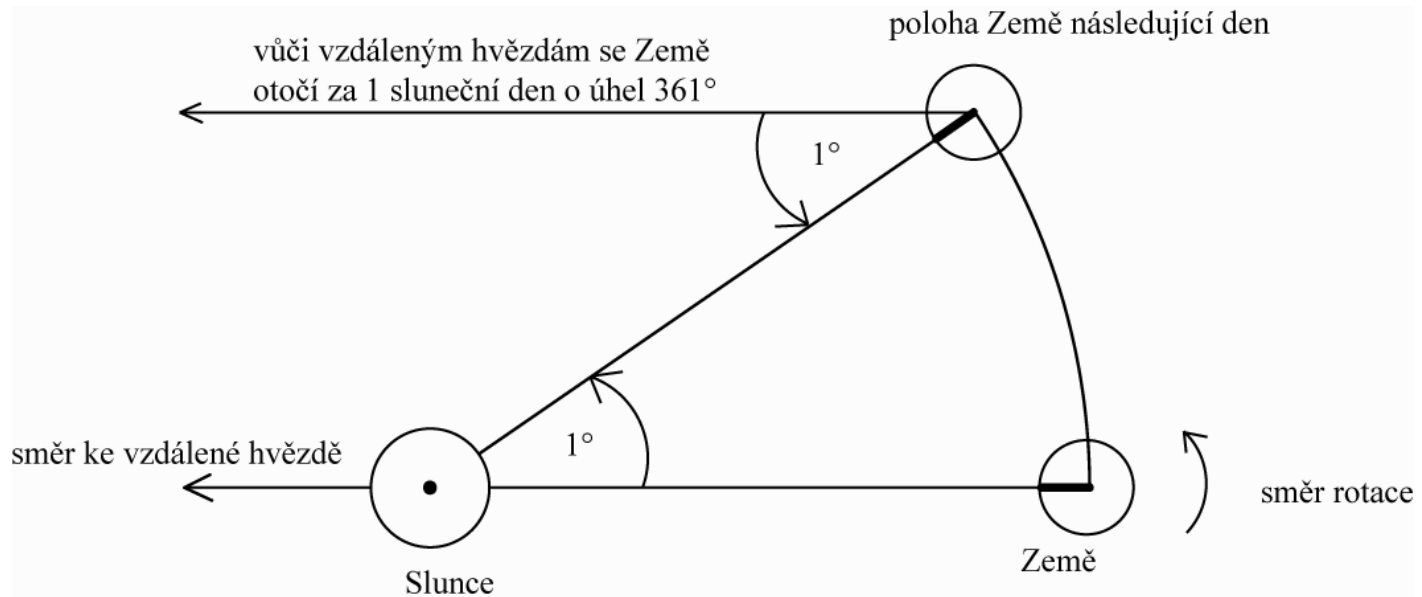
definice: doba mezi dvěma následujícími horními kulminacemi jarního bodu

*horní kulminace* - objekt má největší úhlovou výšku nad vodorovnou rovinou,  
*dolní kulminace* – opak horní kulminace, někdy bez možnosti objekt pozorovat (je pod obzorem)

**1 sluneční den** = doba rotace Země vůči Slunci

pravý sluneční den = doba mezi dvěma následujícími horními kulminacemi Slunce

**sluneční den > hvězdný den !!!**



# Den

**1 hvězdný den** = doba otočky Země o  $360^\circ$  vůči hvězdám

definice: doba mezi dvěma následujícími horními kulminacemi jarního bodu

*horní kulminace* - objekt má největší úhlovou výšku nad vodorovnou rovinou,

*dolní kulminace* – opak horní kulminace, někdy bez možnosti objekt pozorovat (je pod obzorem)

**1 sluneční den** = doba rotace Země vůči Slunci

pravý sluneční den = doba mezi dvěma následujícími horními kulminacemi Slunce

**sluneční den > hvězdný den !!!**

Převodní vztahy:

1 sluneční den = 24 h 3 min 57 s hvězdného času,

1 hvězdný den = 23 h 56 min 4 s slunečního času.

ale

1 hvězdný den = 24 h 0 min 0 s hvězdného (!) času,

1 sluneční den = 24 h 0 min 0 s slunečního (!) času.

# Časová rovnice

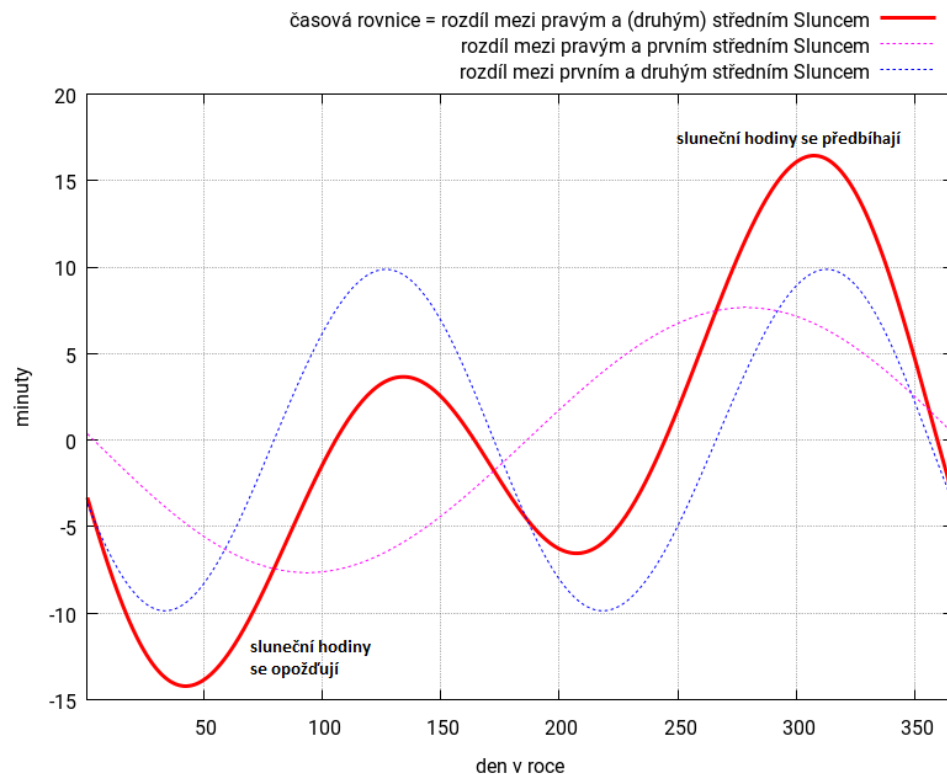
**pravý sluneční čas** – odvozený přímo z pohybu Slunce po obloze => nerovnoměrný  
příčiny:

- nerovnoměrný pohyb Země kolem Slunce
- sklon roviny zemského rovníku k rovině ekliptiky

důsledky – kratší sluneční dny v březnu a září než v červnu a prosinci

**střední sluneční čas** – plyne rovnoměrně (vyloučením příčin nerovnoměrnosti)

**časová rovnice** = rozdíl pravého a středního času



## Časy místní

= čas platný pro zeměpisný poledník, na němž se nacházíme  
*rozdíl místních časů = rozdíl zeměpisných délek (oněch dvou míst),*

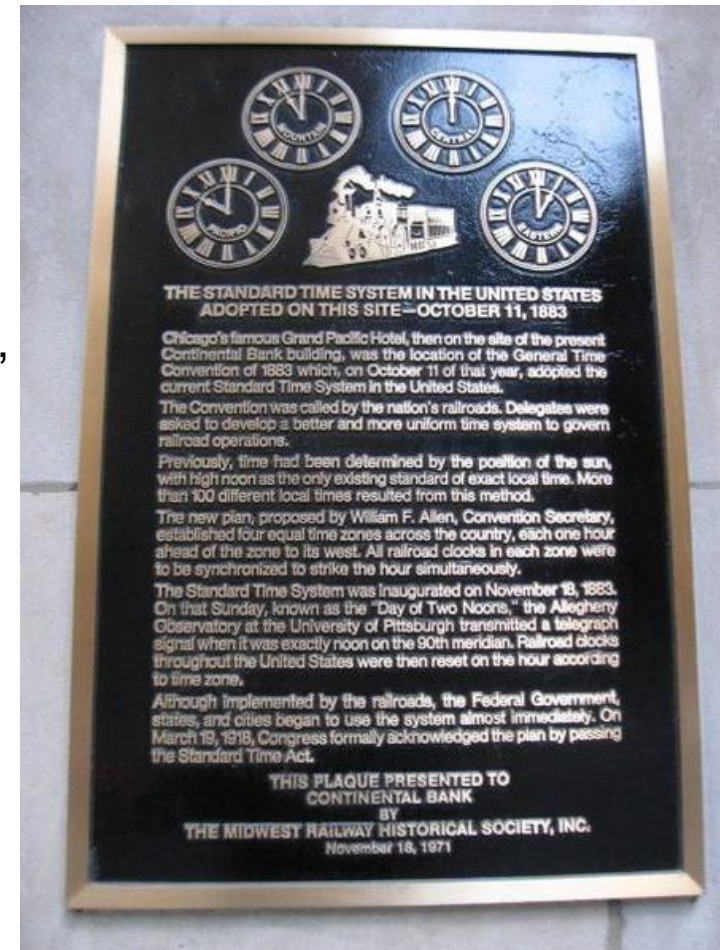
místa *východně* od nás mají *větší* místní čas (Slunce tam kulminuje dříve),  
místa položená západně mají místní čas menší než my

## Časy pásmové

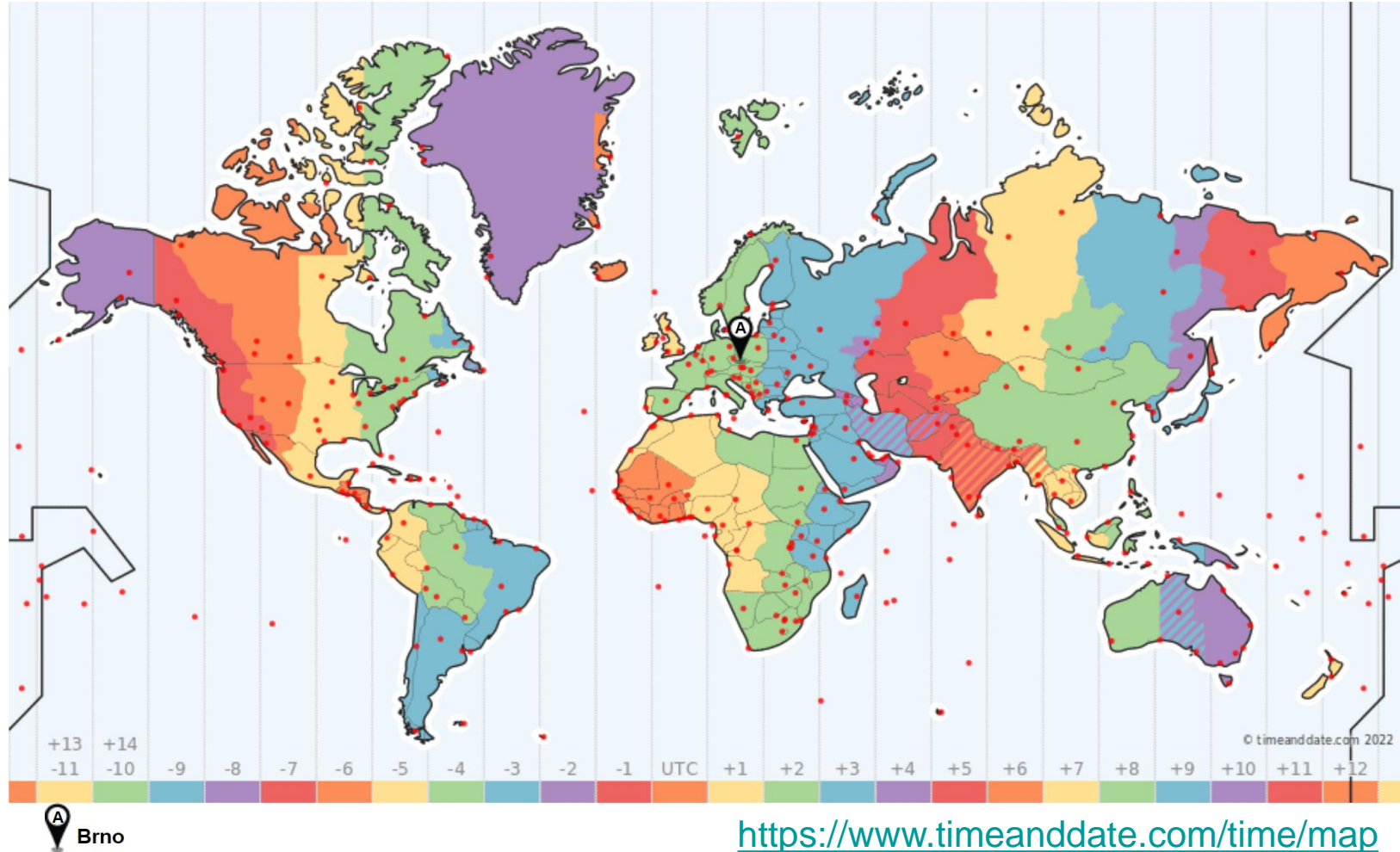
konec 19. století - systém mnoha místních časů  
nepraktický => cestování (zejména po železnici) si  
vynutilo časy *pásmové* - Země rozdělena podél  
poledníků na 24 pásů, každý 15° zeměpisné délky,  
v každém stejný pásmový čas

1884 čas v pásmu podél greenwickského  
poledníku - základní, tzv. *světový*

co je čas ZULU?



# Časová pásma



Odchyly - občas není striktně dodržována hranice pásů

- **letní čas** - o hodinu předbíhá čas pásmový (letní čas = čas pásma ležícího východně).
- **zimní čas** – nejde o náš čas v zimě! v zimě je v ČR normální pásmový čas; jde o čas v pásmu ležícím západně od nás (prakticky se nepoužívá)

# Sbírka zákonů a nařízení republiky Československé

Částka 92.

Vydána dne 27. listopadu 1946.

Cena Kčs 1.—.

O B S A H:

(212. a 213.) 212. Zákon o zimním čase. — 213. Nařízení o zavedení zimního času v období 1946/1947.

**212.**

**Zákon  
ze dne 21. listopadu 1946  
o zimním čase.**

Ústavodárné Národní shromáždění republiky Československé usneslo se na tomto zákoně:

## § 1.

Vláda se zmocňuje, aby nařízením zaváděla odchylkou od středoevropského času zimní čas a určovala jeho počátek a konec.

## § 2.

Tento zákon nabývá účinnosti dnem vyhlášení; provede jej ministr vnitra v dohodě se zúčastněnými členy vlády.

Dr. Beneš v. r.

Dr. Zenkl v. r.

Nosek v. r.

**213.**

**Vládní nařízení  
ze dne 27. listopadu 1946  
o zavedení zimního času v období 1946/1947.**

Vláda republiky Československé nařizuje podle § 1 zákona ze dne 21. listopadu 1946, č. 212 Sb., o zimním čase:

## § 1.

Počátek zimního času v roce 1946 se určuje na den 1. prosince 1946 o třetí hodině ranní středoevropského času a provede se posunutím hodinových ručiček na druhou hodinu.

## § 2.

Konec zimního času v roce 1947 se určuje na den 23. února 1947 o druhé hodině ranní zimního času a provede se posunutím hodinových ručiček na třetí hodinu.

## § 3.

Toto nařízení nabývá účinnosti dnem vyhlášení; provede je ministr vnitra v dohodě se zúčastněnými členy vlády.

Gottwald v. r.

Dr. Zenkl v. r.

Fierlinger v. r.

Široký v. r.

Dr. Ripka v. r.

Nosek v. r.

Dr. Dolanský v. r.

Dr. Drtina v. r.

Kopecký v. r.

Laušman v. r.

Đuriš v. r.

Zmrhal v. r.

Ing. Kopecký v. r.

Hála v. r.

Dr. Nejedlý v. r.

Dr. Procházka v. r.

Majer v. r.

Dr. Franek v. r.

Lichner v. r.

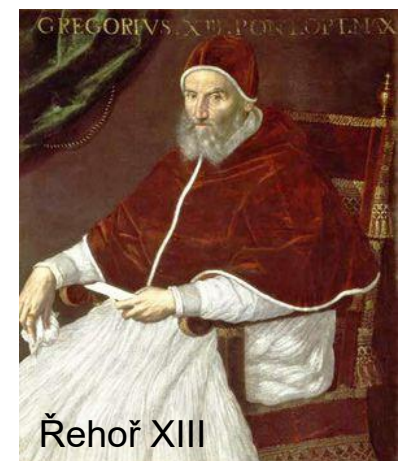
# Kalendáře



**juliánský kalendář** - Julius Caesar, 45 př.n.l., od založení Říma  
753 př.n.l., 365,25 d

Dionysius Exiguus – kolem 500 n.l., počátek kalendáře  
narození Krista, převzato po r. 1000, BC x AD

**gregoriánský kalendář** – Řehoř XIII, r. 1582, reforma juliánského  
kalendáře, nově 365,2425 d, dny mezi 4. až 15.10.1582  
vypuštěny, přestupné roky 1600, 2000



## Další kalendáře

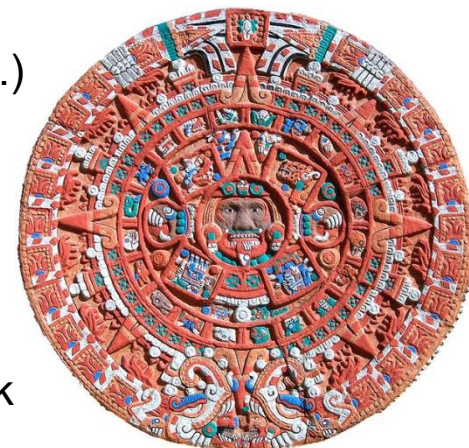
**Egyptský** - Jeden z nejstarších kalendářů vznikl pro účely účetnictví a daňové evidence, roku 266 př. n. l. zavedl Ptolemaios III. přestupné roky. Ptolemaiův kalendář byl základem kalendáře juliánského.

**Řecký** - počátkem byl 1. den první olympiády (8. červenec r. 776 př. n. l..)

**Mayský** – od r. 3114 př. n. l., pracoval s cykly po 5119 letech, „Velkými roky“. Celé schéma zahrnuje více než 36 000 let.

**Židovský** – počátek - stvoření světa podle Bible na 7. říjen  
3671 př. n. l.

**Islámský** - čistě lunární, byl zaveden chalífou Umarem roku 637, počátek letopočtu byl stanoven na rok 622 (hidžra).



# Časy v astronomii



**čas sluneční, hvězdný** – jevy svázané s rotací Země, měření průchodu meridiánem;  
dnes VLBI pro pozorování vzdálených kvasarů (přesnost  $\mu\text{s}$ ) - nepravidelnosti

**GMT** – založen na středním slunečním čase v anglické Greenwichi

**UT** (Universal Time) – moderní pokračování GMT, od r. 1928, nepřesné –  
varianty UT0, UT1, UT2, UTC (liší se korekcemi)

**čas efemeridový** (ET) – odvozen z oběhu Země kolem Slunce

**čas atomový** (International Atomic Time, TAI) – čas atomových hodin, rovnoměrný

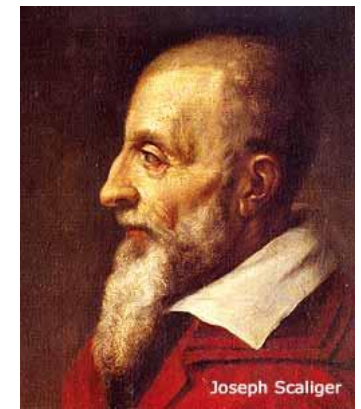
**UTC** – (Coordinated Universal Time) – stejný chod jako TAI, ale nesmí se  
odchýlit od UT1 více než 0,9 s => přestupné sekundy

**terestrický čas** (TT) - navazuje na ET, chod jako TAI, ale posunutý o 32 s

**Juliánský čas/datování** – zavedl poč. 17. st. Joseph Scaliger;

počítání dní od 1. ledna roku 4713 př. n. l.,

1. 10. 2014, 0 h UT – 2 456 931.5

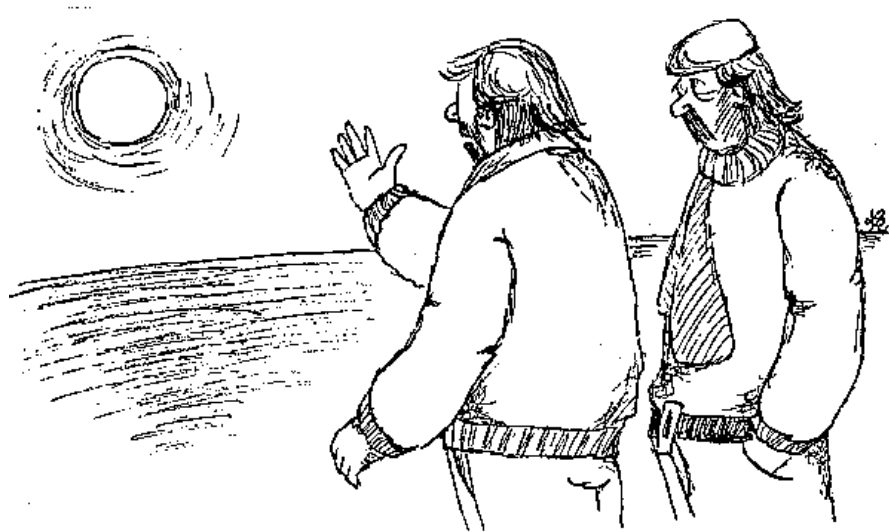




# Rok

**tropický rok** - doba mezi dvěma po sobě následujícími průchody pravého Slunce (středu slunečního disku) jarním bodem; 365,242 192 129 dne středního slunečního času; délka ovlivněna precesí - jarní bod se posune za rok o 50,40" po ekliptice proti pohybu Slunce na hvězdné obloze;  
*základem kalendářního roku našeho kalendáře*

**hvězdný rok** – doba, za kterou se Slunce vrátí do téhož bodu hvězdné oblohy (k téže hvězdě na ekliptice); o 20 minut delší než tropický rok, není ovlivněn precesí



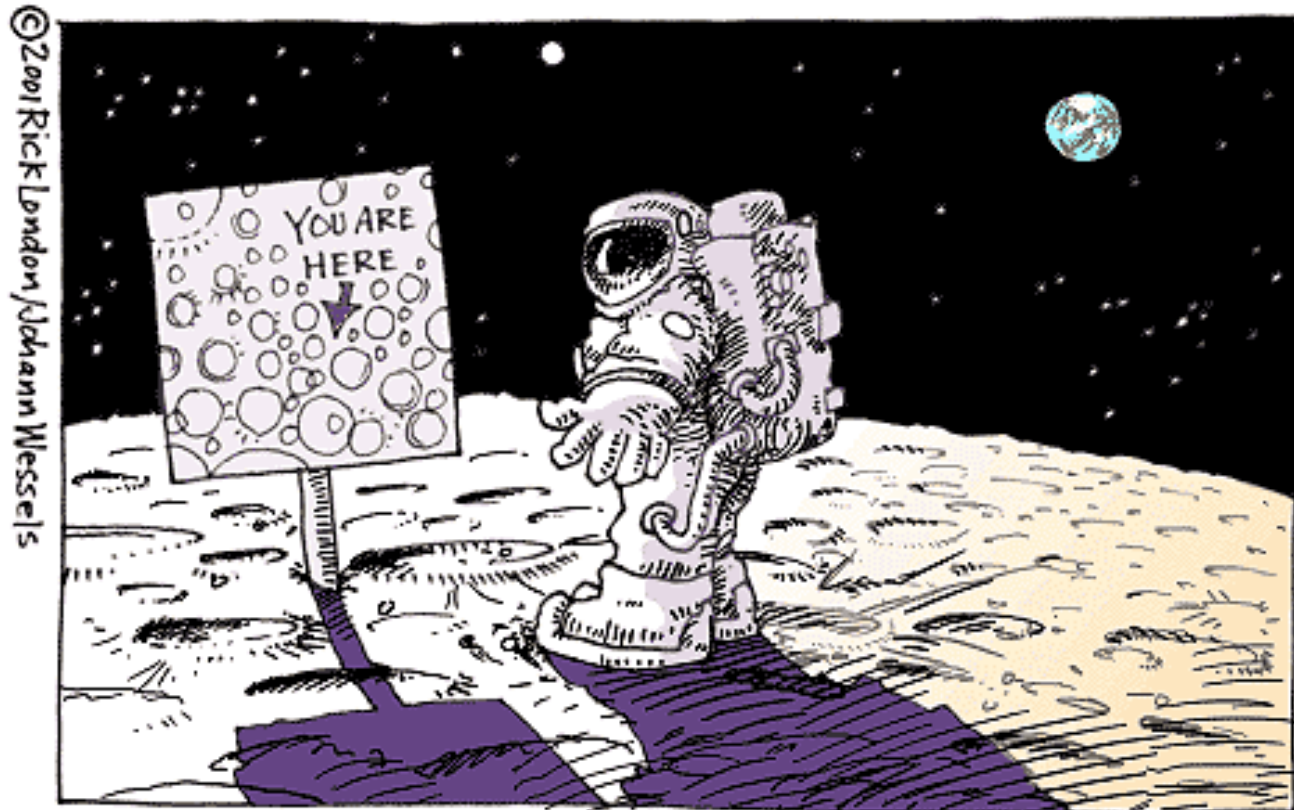
VIDÍŠ... A PAK ŽE NĀM NIC POŘÁDNĚHO NEVYCHÁZÍ.

## Praktické úlohy

Otočná mapka a orientace na hvězdné obloze

Zhotovení mapky Plejád

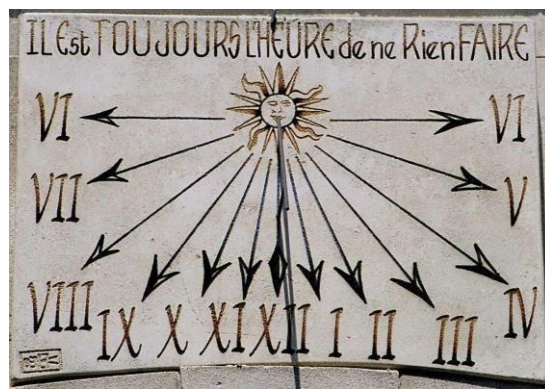
# Doplňky



## Zdeněk Horský: Sluneční hodiny neukazují přesně

Posteskl si jeden můj přítel, že mezi slunečními hodinami na budovách viděl již několikery krásné a pěkně udržované, ale ani jedny že neukazovaly čas správně. Druhý známý je však považuje za naprostý přežitek, který snad ani tu dekorativní úlohu dnes nemá právo na sebe brát. Jedovatě dodává, že bývaly dobré tak někdy za starých časů, kdy si na ně v noci ponocný chodil lucernou svítit, aby se dověděl, kolik je hodin.

Tím ale slunečním hodinám nepěkně křivdíme. Nevíme sice, jak přesná byla konstrukce těch pro pohlednost chválených, tak těch ostatních vysmívaných, ale sluneční hodiny je možno konstruovat velice dokonale. Takové sluneční hodiny také čas velmi přesně ukazují. Co je nám však platné říkat, že ukazují správně, když se jejich časové údaje se správným časem očividně rozcházejí! Srovnáním s dobrými hodinkami či s rozhlasovým signálem vychází stále najevo, že si sluneční hodiny chodí vždy jen tak, jak se jim zlíbí. Dokonce den ze dne je rozdíl mezi nimi a časovým signálem jiný!



Příčina je v tom, že tu srovnáváme dva různé časy. Dnes se nám představa přesného času již zcela spojila s tím časem, který je rozšiřován rozhlasem. A to je – jak již víme – sice čas sluneční, ale střední, a pochopitelně pásmový. Sluneční hodiny ukazují čas místní a pravý. Tyto časy jsou různé, za to ovšem sluneční hodiny nemohou. To, co mají ukazovat, ukazují přesně. Lze sestrojít i takové sluneční hodiny, které budou ukazovat střední sluneční čas, či přímo pásmový čas, jen jejich ciferník bude podstatně složitější. Existují dokonce sluneční hodiny, jejichž ciferník je možno pro danou dobu adjustovat tak, že ukazují v letním čase.

Takže sluneční hodiny nikterak nepodceňujme. V historii byly i přesným ukazatelem světových stran – tam, kde kompas selhával. A ještě nedávno byly jedním z mála zdrojů správného času. V dobách před rozhlasovým signálem, tedy před dvacátými léty minulého století, bylo třeba se k nim utíkat všude tam, kam nedolehl polední signál vyzváněný na železniční stanici.

Sluneční hodiny měly také svou významnou úlohu historickou. Byly sestrojovány v nejrůznějších provedeních – nástěnné, kabinetní i přenosné cestovní. Jejich teorie velmi podpořila rozvoj geometrie, zejména geometrie deskriptivní. Byly většinou nejen časoměrem, ale i výtvarným dílem. Měly svou určitou filozofii, připomínaly člověku jeho neustálou závislost na vesmírném dění. Tyto poslední schopnosti si zachovávají dodnes a je třeba si přát, aby stejně jako dřív byly opět využívány jako ozdoba budov i parků.

Část stejnojmenné kapitoly z knihy *Sto astronomických omylů uvedených na pravou míru* (Svoboda, Praha 1988).