

POHYBY ZEMĚ A JEJICH DŮSLEDKY: JAK JE POCHOPIT, SNADNO VYSVĚTLIT A INTEGROVAT DO VÝUKY

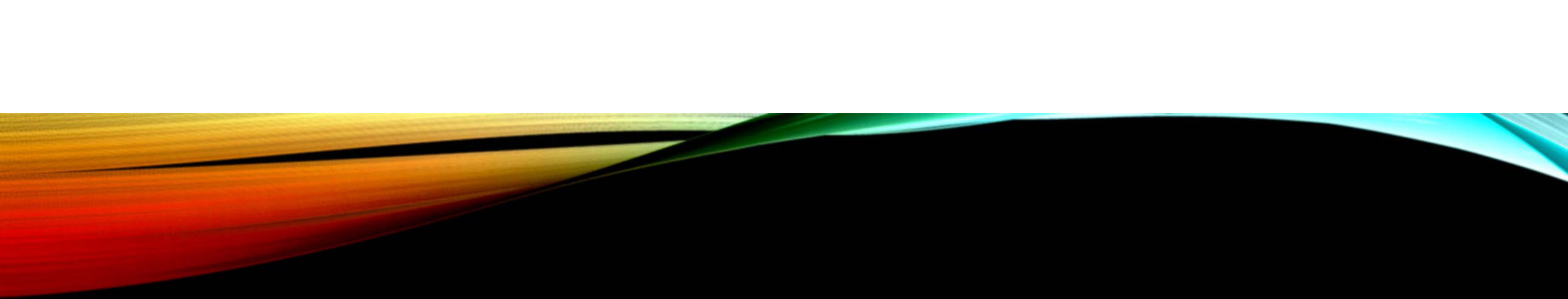
RNDr. Marek Křížek, Ph.D.

Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta UK

marek@krizek@natur.cuni.cz

<https://www.natur.cuni.cz/geografie/fyzgeo/krizekma/ke-stazeni>

<https://www.earthspacelab.com/cs>

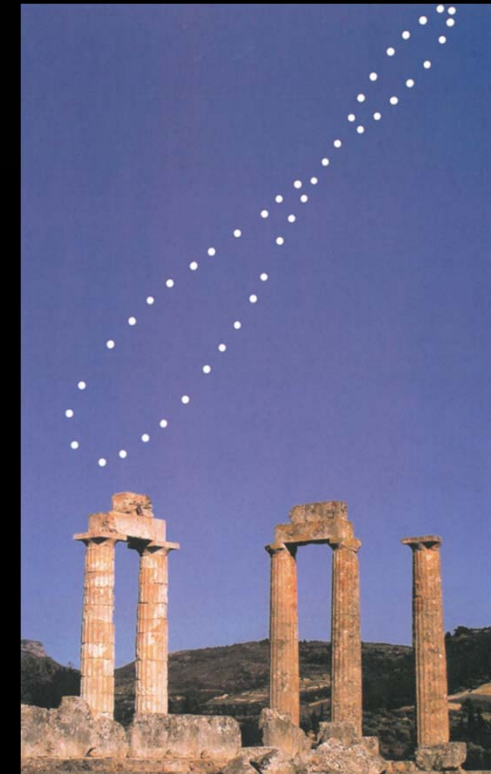
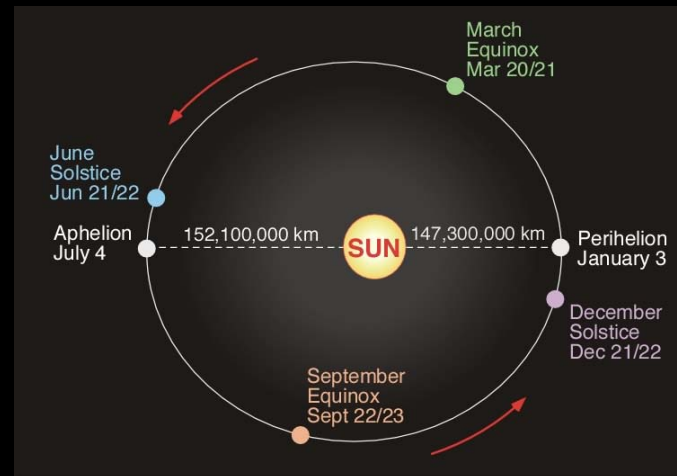


Už velmi dávno si lidé uvědomili, že to co se děje na nebi, má svoji odezvu na Zemi. Proto se nebe stalo sídlem božstev. Nicméně vysvětlit ať už jednoduché či složitější pohyby Země ve svých konsekvencích může znamenat problém a bývá často náročnější na prostorovou představivost. Na druhou stranu tyto děje jsou rozhodující pro prostředí Země, jak jej známe a fakticky denně jsme s nimi konfrontováni (zemská tíže, Coriolisova síla, slapy, klimatická změna). Studenti a žáci se na ně ptají, neboť tyto děje vstupují do praktického života (počítání času, přesná navigace, zemědělství, rozložení nerostných surovin a na ně navázaná lidská činnost) a dokonce determinují historii lidstva. V rámci semináře si snadnou a přístupnou formou ukážeme, co všechno se k pohybům Země váže, a naučíme se pracovat s výukovou aplikací vyvinutou na katedře fyzické geografie a geoekologie PřF UK, která názorně ilustruje pohyby Země. Upozorníme na nejčastější chyby a omyly, které se s tímto tématem pojí a bohužel někdy i „prosakuji“ do učebnic. V semináři získáte řadu zajímavých tipů, jak výuku zpestřit, sami si ujasníte některé souvislosti a sami si budete moci vyzkoušet řadu simulací například, jak by se měnil příjem sluneční energie, kdyby Země měla jiný sklon, než má. To vše Vám umožní udělat Vaši výuku atraktivnější, s lepším porozuměním látky, která až dosud mohla být jak pro žáky a studenty, tak i pro učitele strašákem.

POHYBY ZEMĚ

OBĚH ZEMĚ KOLEM SLUNCE

Křížek, M. (2019): Oběh Země kolem Slunce. *Geografické rozhledy*, 28, 3, s. 4-9.



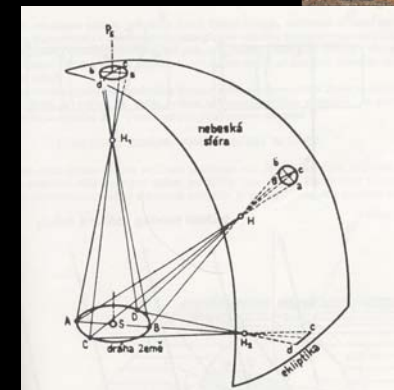
Důkazy oběhu Země kolem Slunce

Nepřímý důkaz: rozdíl hmotností Země a Slunce

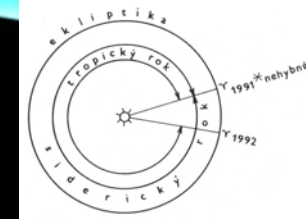
Přímé důkazy:

1) Aberace

2) roční paralaxa hvězd /promítání hvězdy do různých poloh na nebeské sféře.



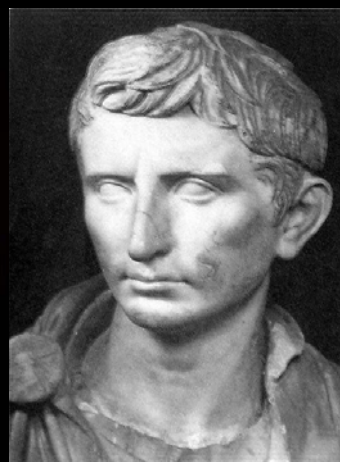
KALENDÁŘ



Křížek, M. (2006): Jak vznikl náš kalendář. *Geografické rozhledy*, 15, 4, s. 2-4.

Křížek, M. (2020): Slunce hýbe časem. *Vesmír*, 99, 10, 586-587.

365,24219879 středních slunečních dní, tj. 365 dní 5 h 48 min 45,4 s



Země - kraj	Po tomto dni:	Následoval tento den:
Itálie	04.10.1582	15.10.1582
Čechy	06.01.1584	17.01.1584
Lužice	06.01.1584	17.01.1584
Slezsko	12.01.1584	23.01.1584
Morava	03.10.1584	14.10.1584
Uhry	21.10.1587	01.11.1587
Německo protestantské	18.02.1700	01.03.1700
SSSR	31.01.1918	14.02.1918
Řecko	10.03.1924	23.03.1924

POHYBY ZEMĚ

ROTACE KOLEM ZEMSKÉ OSY – SKLON ZEMSKÉ OSY

KŘÍŽEK, M. (2017): Proč je rotační osa Země nakloněná? *Přírodovědci.cz*,
<https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu/1821>

KŘÍŽEK, M. (2020): Jak se posune polární pás při změně naklonění zemské osy? *Přírodovědci.cz*.

<https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu/3320>

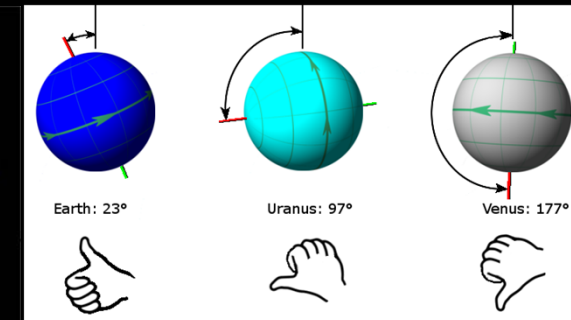
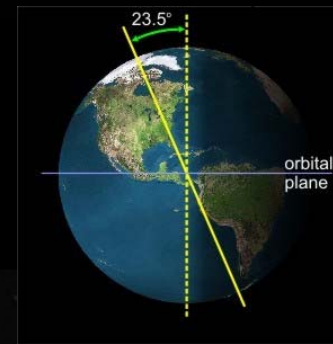
23°26'21,5'' (epocha 2000),

23°26'14'' (epocha 11.12.2015),

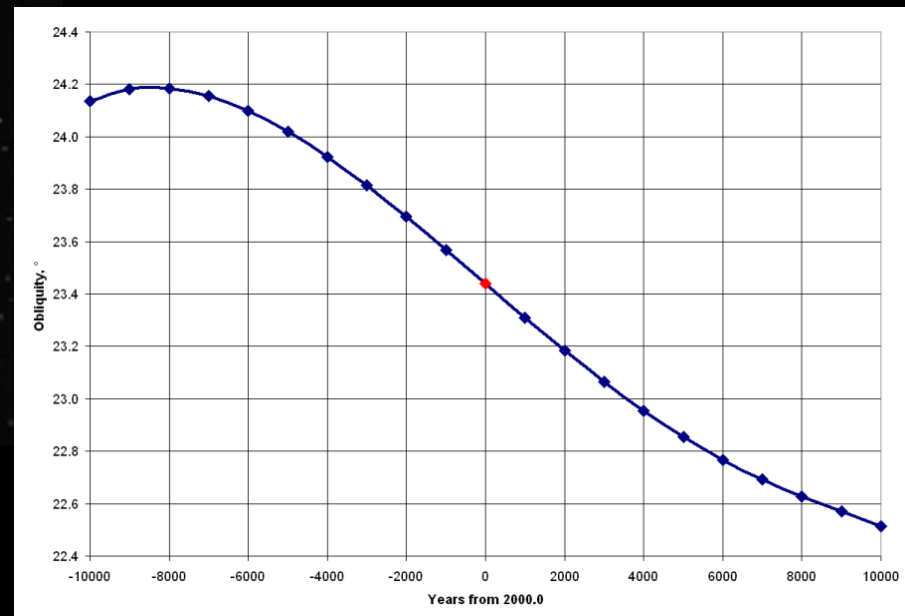
23°26'13,0'' (epocha 18.12.2017),

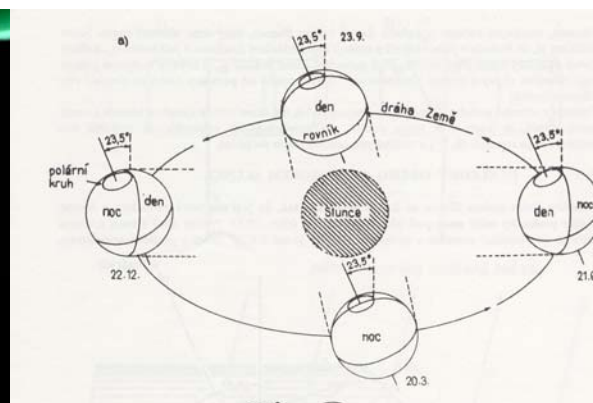
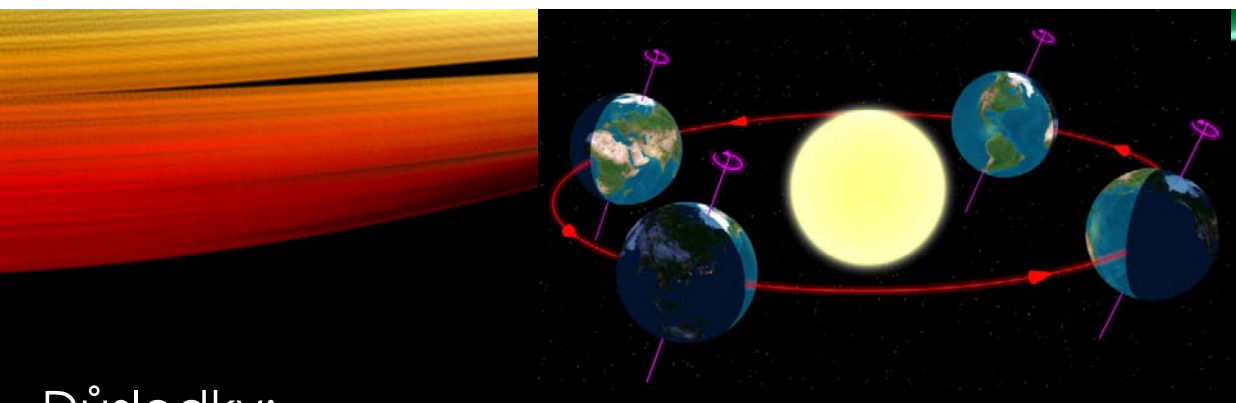
23°26'11,886'' (epocha 21.6.2020),

23° 26' 11.276'' (epocha 24.9.2021)



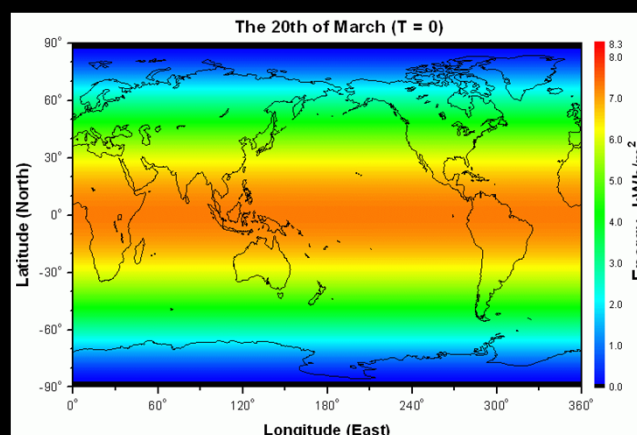
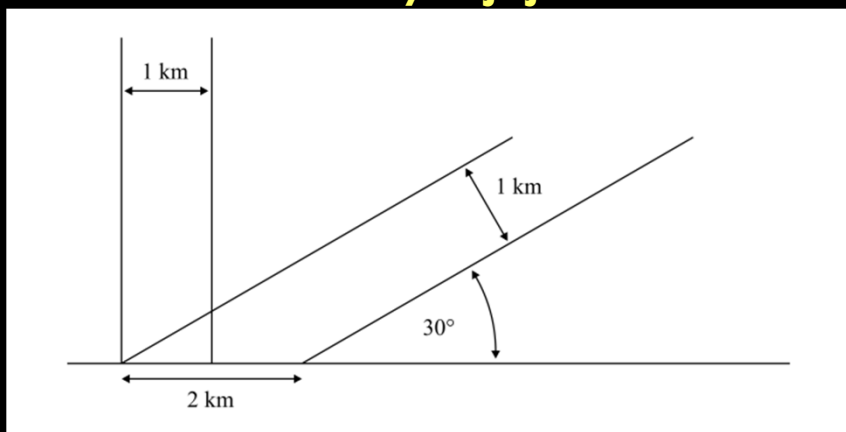
Sklon zemské osy /perioda 41040 let/ 22°02'33''-24°30'16''/ (Berger, 1976)
/během posledních 5 miliónů let/, tj. roční posun činí cca 2°27'43''/20500
= 0,43''.





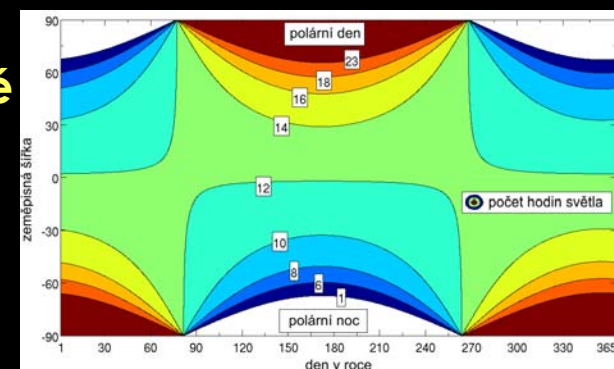
Důsledky:

sklonu zemské osy a její orientace vzhledem ke Slunci – střídání ročních období



sklonu zemské osy a její orientace vzhledem ke Slunci a kulatosti Země

- klimatické zóny Země
- změna délky dnů a nocí během roku



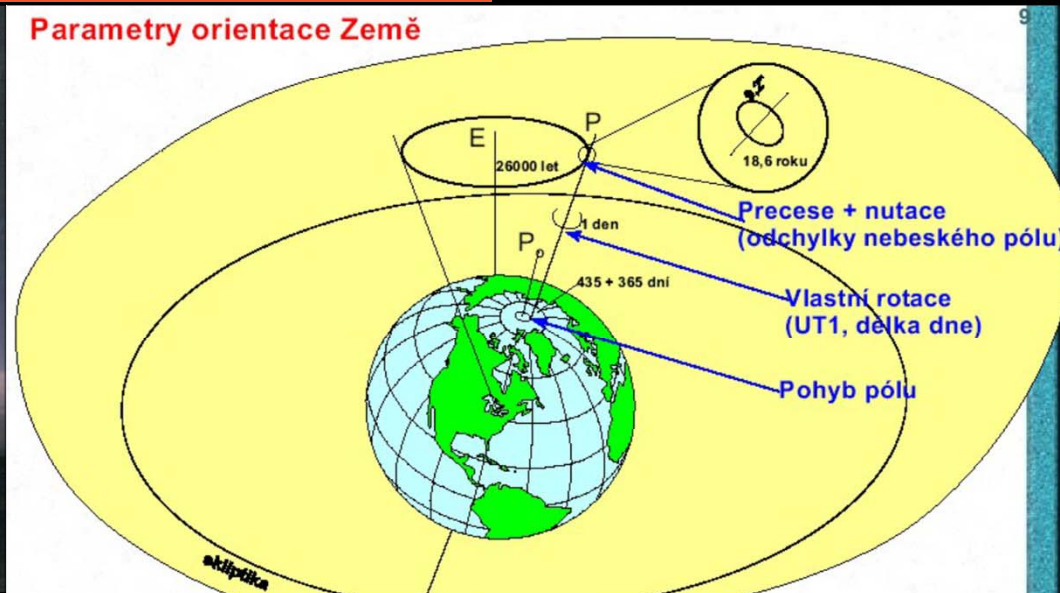
ROTACE ZEMĚ

KŘÍŽEK, M. (2017): Je rychlost zemské rotace proměnlivá? Přírodovědci.cz.

<https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu/1996>



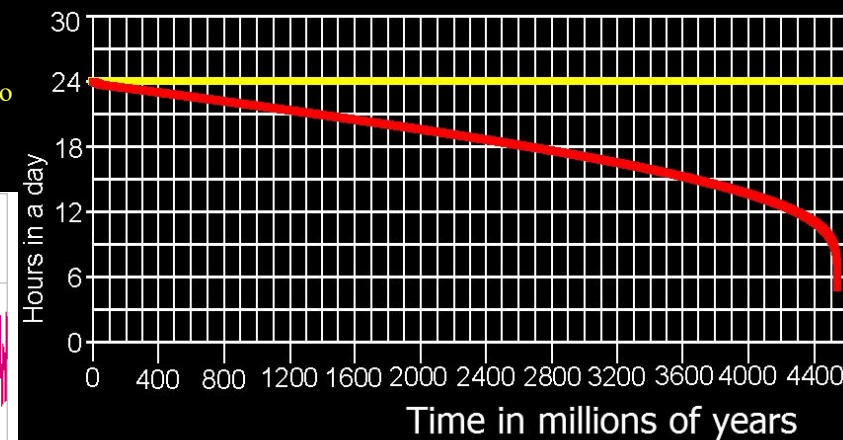
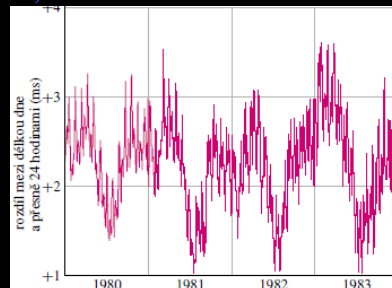
Parametry orientace Země



Perioda rotace (siderický den) trvá 23h 56 min 4,1s.

Obvodová rychlost $v=2\pi r_{\phi}/T=2\pi r_z \cos \phi / T$, největší obvodová rychlost je na rovníku $465,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, na pólu je rovna 0, pro 50° (294 m/s).

Úhlová rychlost /všechny body zemského povrchu ji mají při rotaci stejnou/ $\omega=2\pi/T=7,292 \ 115 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$



Důkazy rotace:

Nepřímé:

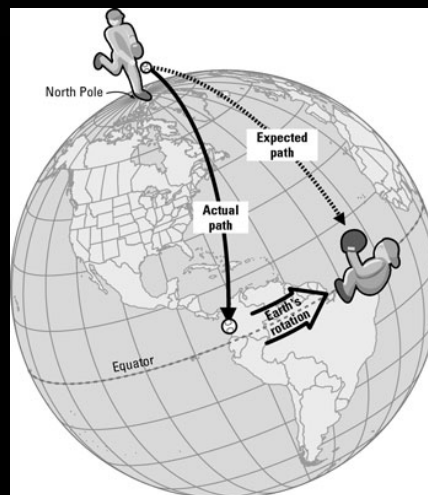
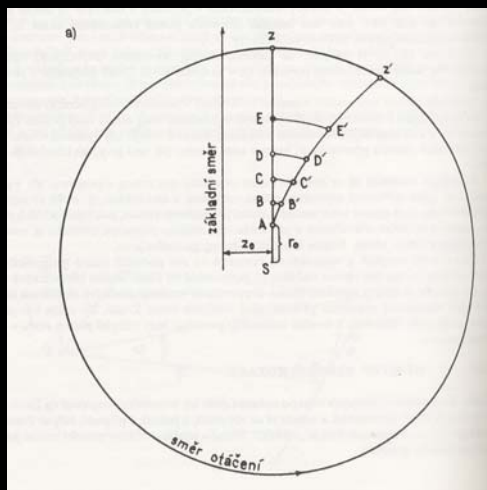
- 1) kdyby Země nerotovala musela by vzdálená vesmírná tělesa dosahovat nepředstavitelně velkých rychlostí.
- 2) Je nepravděpodobné, že by různě vzdálená tělesa měla stejně dlouhé oběžné doby
- 3) Všechna pozorovatelná vesmírná tělesa rotují

Přímé:

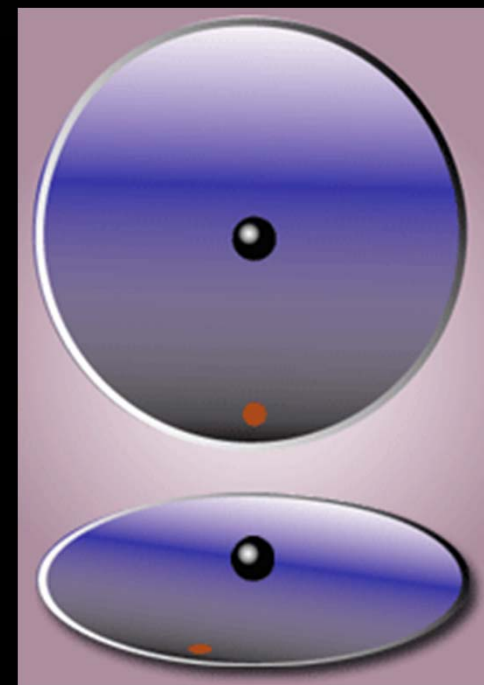
- 1) Coriolisova síla
- 2) Foucoltovo kyvadlo
- 3) Odchylka padajících těles



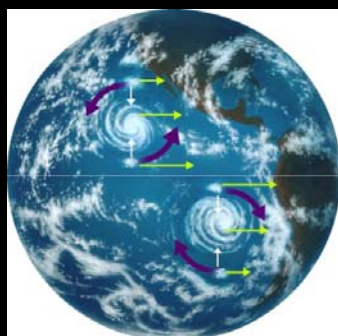
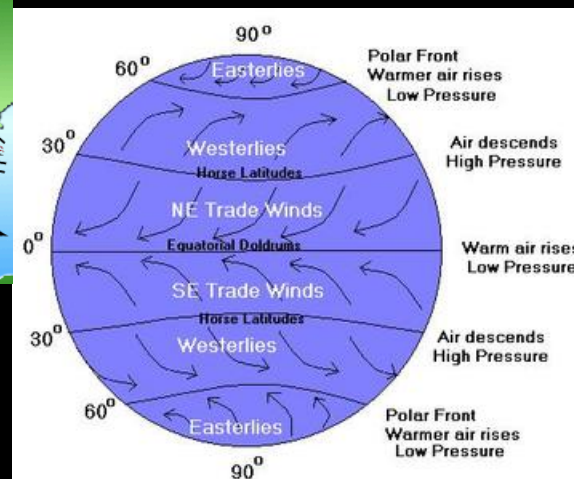
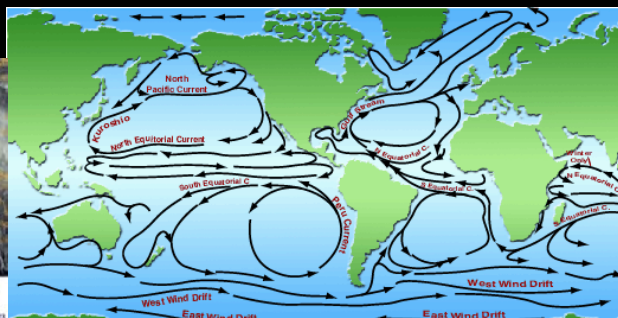
Co je Coriolisova síla?



<https://www.youtube.com/watch?v=mPsLanVS1Q8>



Kde (ne)můžeme vidět působení Coriolisovy síly

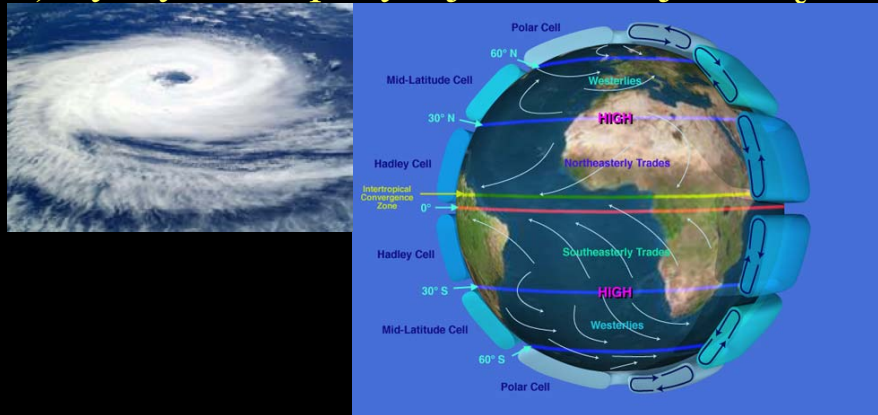


Spinel bullets can travel so far



Důsledky zemské rotace:

1) Vychylování pohybujících se objektů $F_c = 2m\omega_z v \sin\varphi$

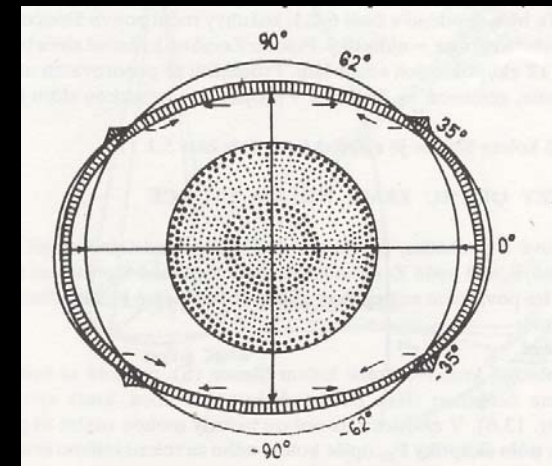


2) Střídání noci a dne

3) Zdánlivý pohyb nebeské sféry

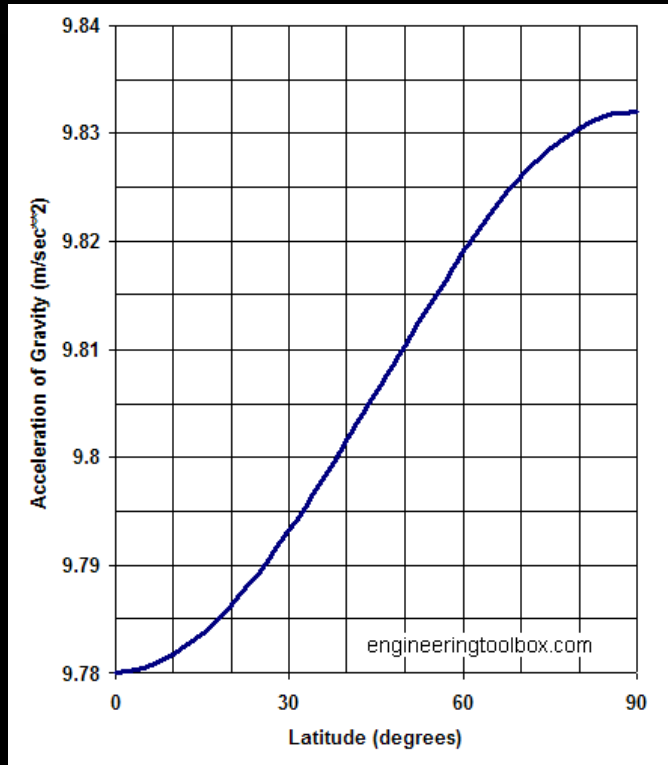
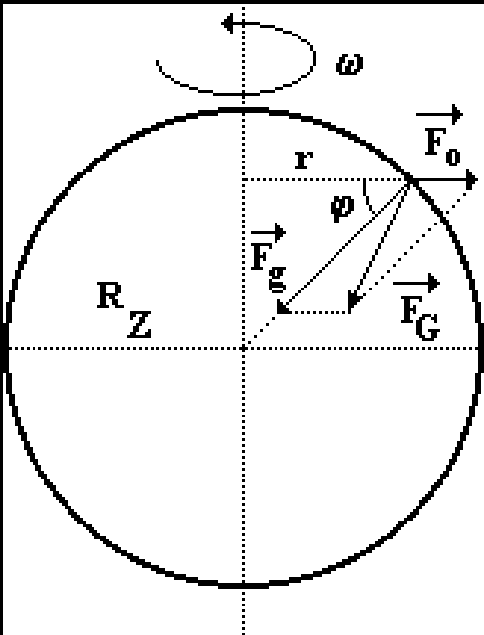


4) Tvar Země – zploštění Země v oblasti pólů



Zemská rotace a tíhové zrychlení

KŘÍŽEK, M. (2015): Gravitace a tíhové pole Země. *Geografické rozhledy*, 24, 4, s. 2-3.

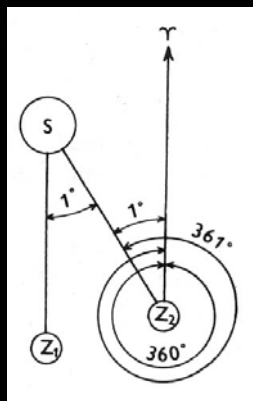


$$a(\varphi, h) = 9,780327 * (1 + 0,0053024 * \sin^2 \varphi - 0,0000058 * \sin^2 2\varphi) - 3,086 * 10^{-6} * h.$$

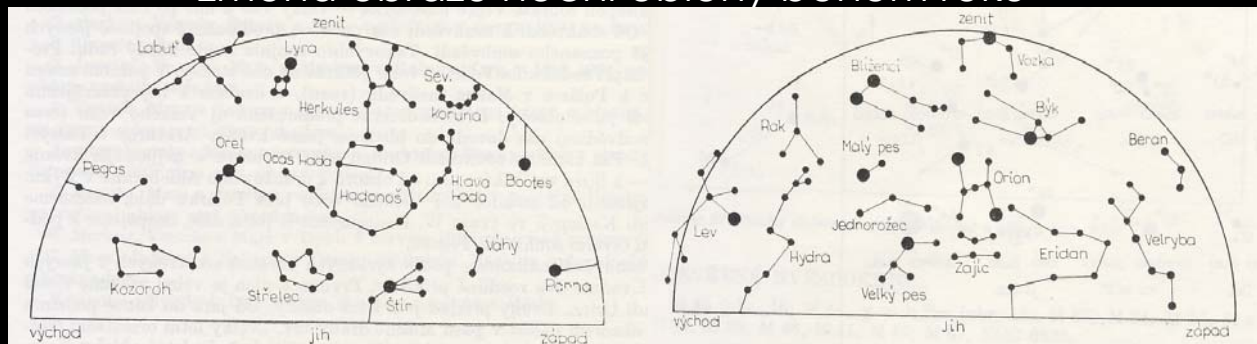
Zemská rotace a čas

Křížek, M. (2020): Slunce hýbe časem. *Vesmír*, 99, 10, 586-587.

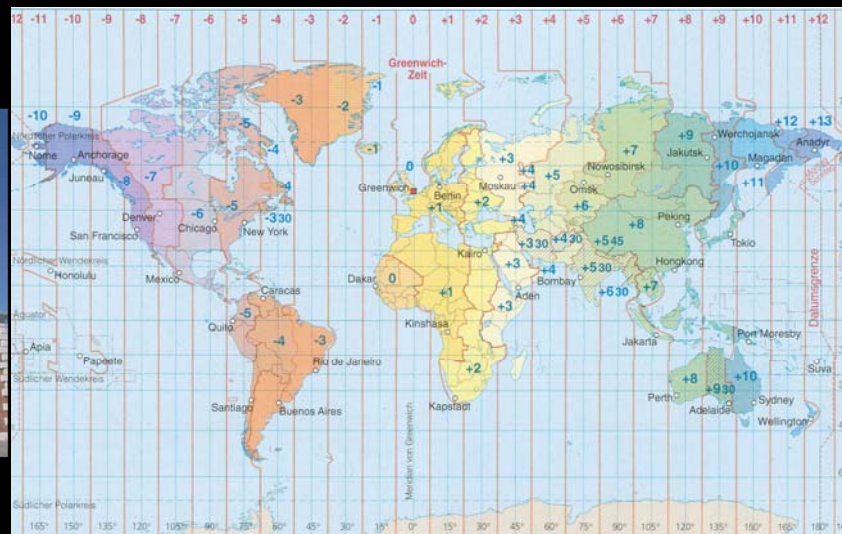
Střední sluneční den – 24 h.
Hvězdný den 23h56min.



změna obrazu noční oblohy během roku



Standardizace - Časová pásma



1841





Témata, která mohou být pokračováním dalších setkání
(další pohyby Země – dráhové změny Země, Milankovičovy cykly; proměnlivost klimatu v kvartéru; jaké pozůstatky nám tu nechaly doby ledové; jakými proměnami prošla krajina střední Evropy za poslední milión let; význam Měsíce pro Zemi i pro kalendář - slapové jevy, zatmění; jaký tvar má Země? Proč je modré nebe a proč je v noci tma? Proč se při obzoru zdá Slunce či Měsíc větší; co bychom měli vědět o Slunci – dává život, ale také ho může zničit; nové světy ve Sluneční soustavě a exoplanety aneb jsme na tom obdobně jako po objevu Ameriky; magnetické pole Země – polární záře, význam magnetického pole pro život na Zemi; pohyb kontinentů – co je poháněno, jaký mají vztah k rozložení nerostného bohatství, vulkanismus, zemětřesení, reliéf – kronika vývoje krajiny, a mnoho dalšího)

<https://www.natur.cuni.cz/geografie/fyzgeo/krizekma/ke-stazeni>