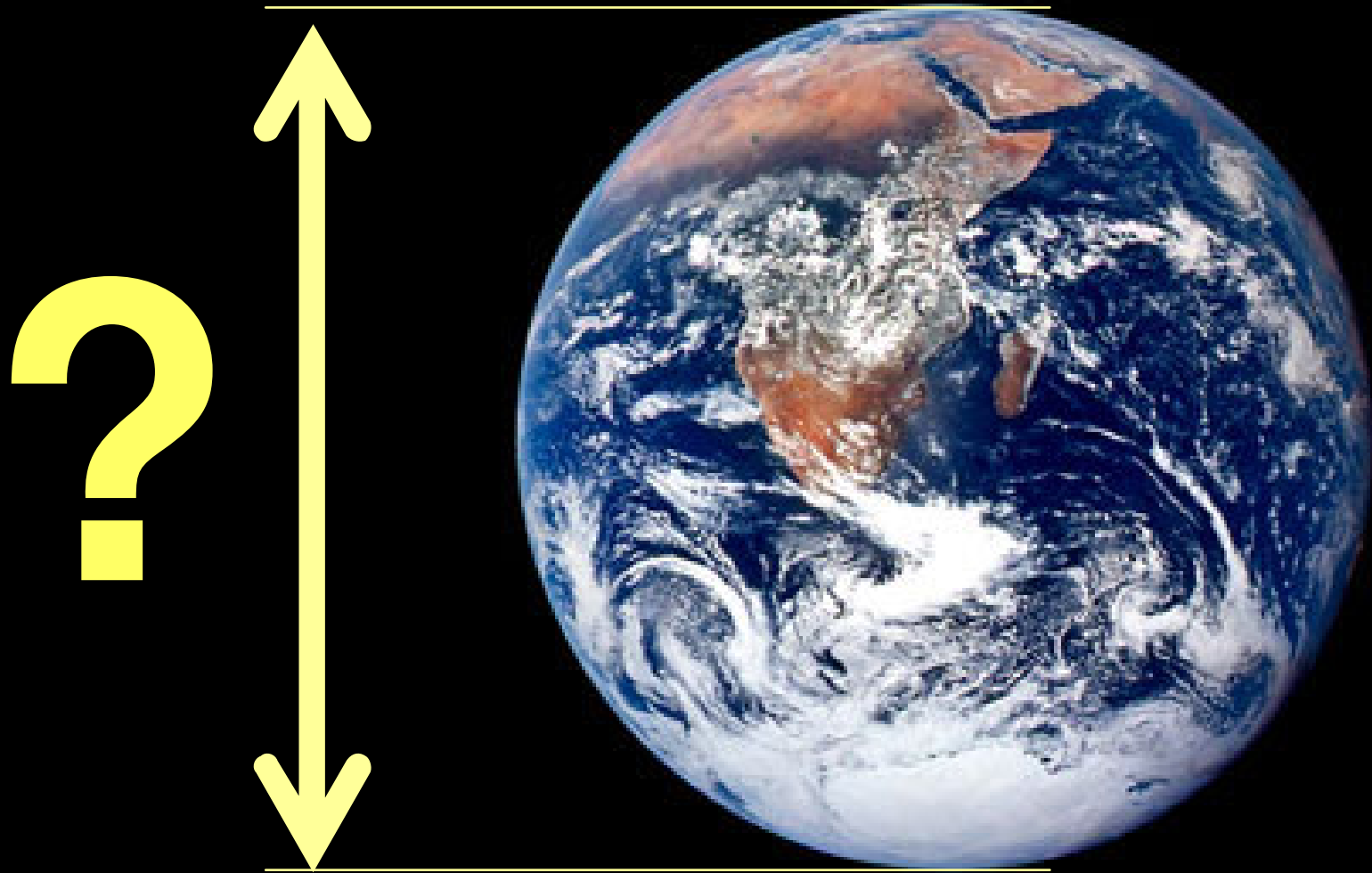


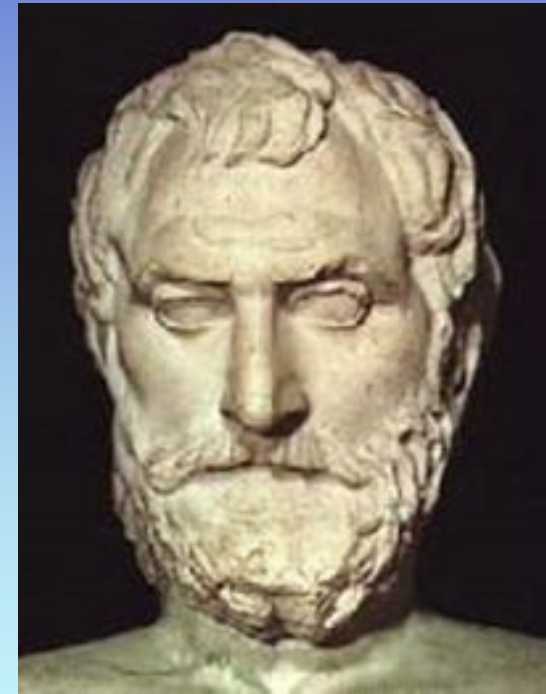
Jak jsme měřili Zemi



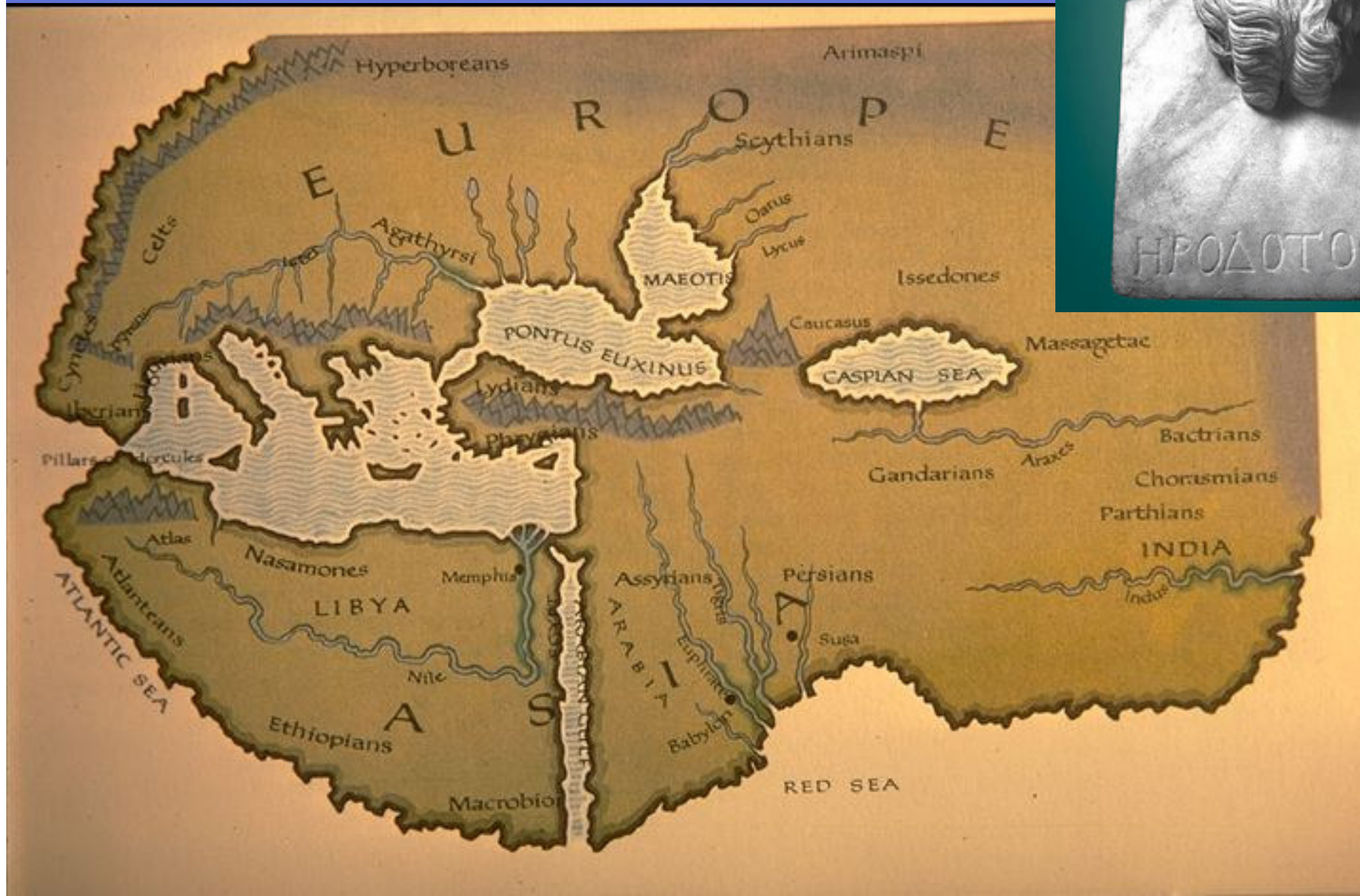
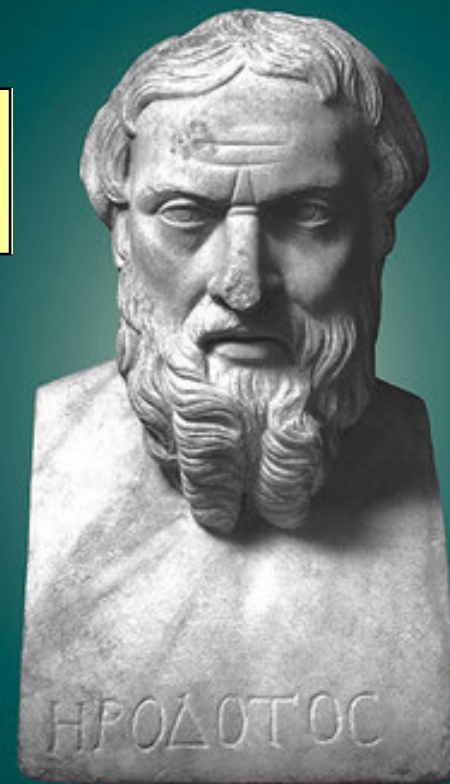
Země je deska



Thalés z Milétu, 6. stol. BC
Země pluje na oceánu
obloha je koule

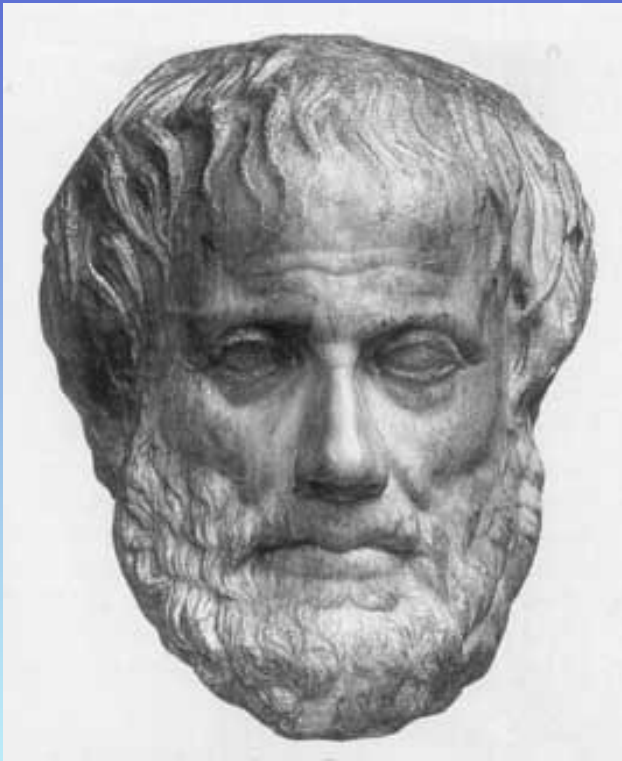


Herodotos z Helikarnasu, 450 BC
zapsal vzdálenosti mezi antickými městy



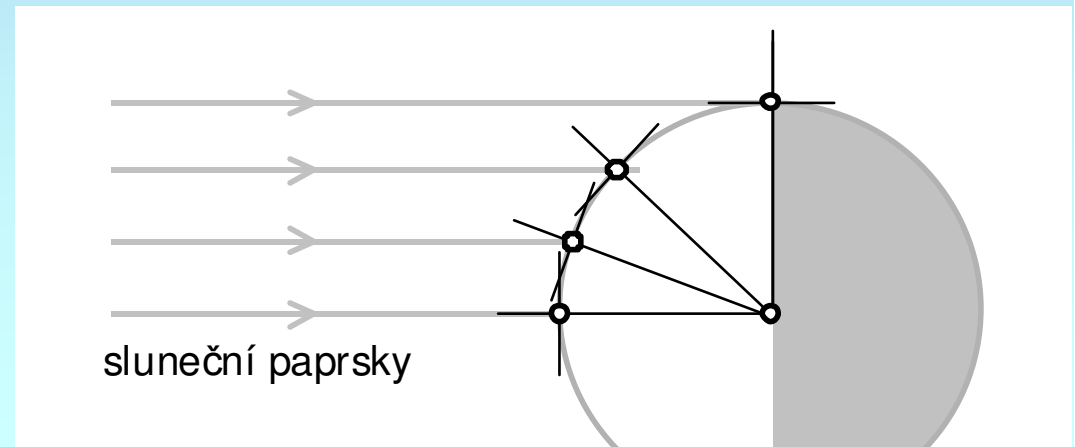
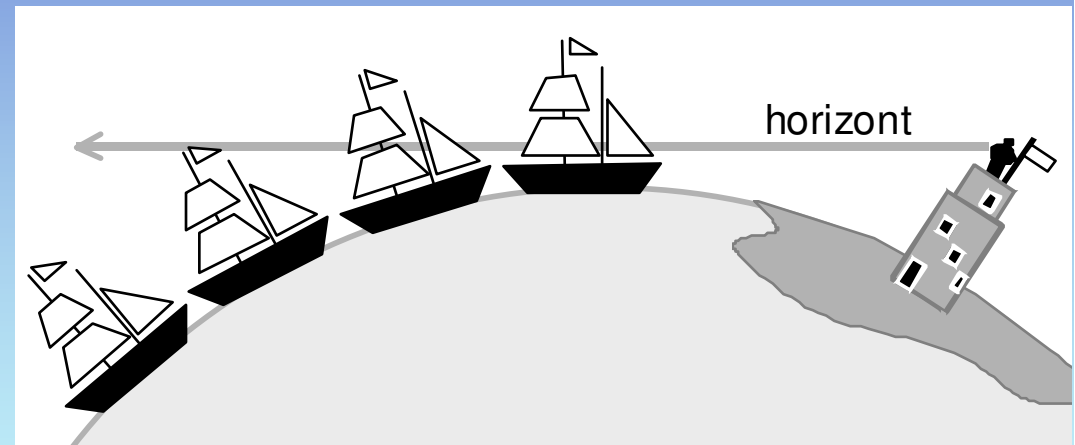
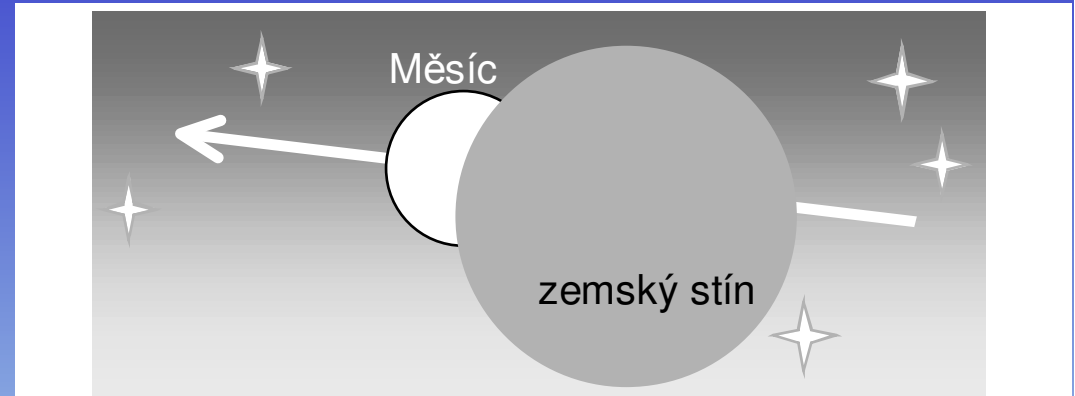
Země je koule

Pýthagorás se Samu, 6. stol. BC
Země je koule

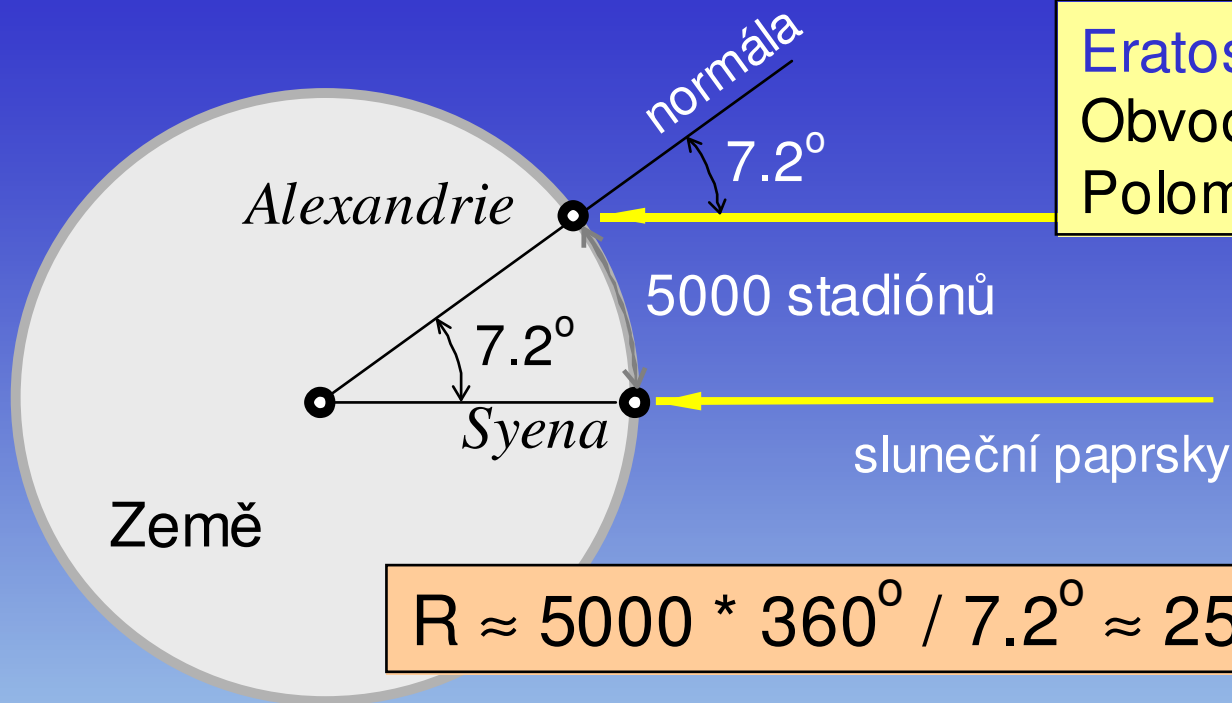


Aristotelés ze Stageiry, 4. stol. BC

1. Stín Země je kulatý
2. Lod' se vynořuje zpoza obzoru
3. Směrem na sever výška slunce klesá



Eratosthenés Kyrénský, 3. stol. BC
Obvod Země 250 tisíc stadiónů
Poloměr 6300 km



Eratosthenés

Archimédés ze Syrákús, 3. stol. BC
Obvod Země 300 tisíc stadiónů
Poloměr 7500 km

Poseidonios ze Rhodu, 2. stol. BC
Obvod Země 180 tisíc stadiónů
Poloměr 4500 km
Ptolemaios + Kolumbus

Hvězda Canopus
na Rhodu se dotýká obzoru
v Alexandrii je o 7.5° výše

Zeměpisné souřadnice

Hipparchos z Nikáie, 2. stol. BC
zavádí poledníky a rovnoběžky
nultý poledník přes Rhodos

Ferro

Rhodos



zem. šířka

zeměpisná délka

Ptolemaios z Alexandrie, 2. stol.
nultý poledník Ferro (Kanárské ostrovy)

První glóbus

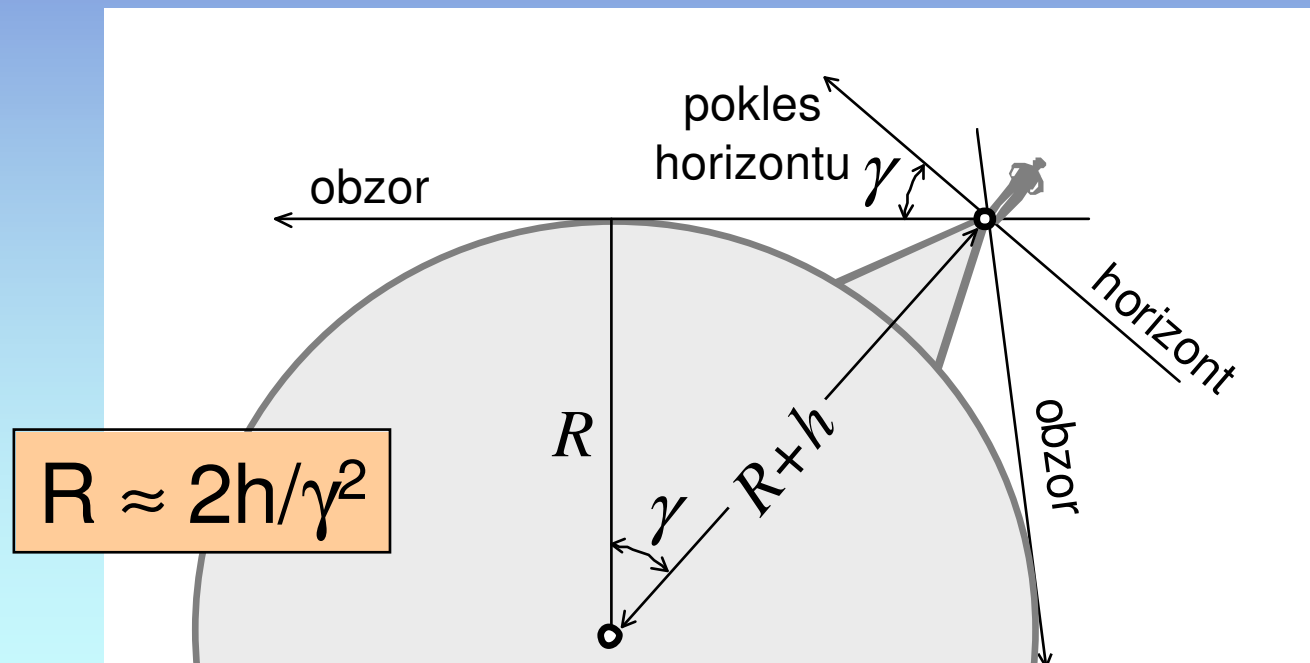
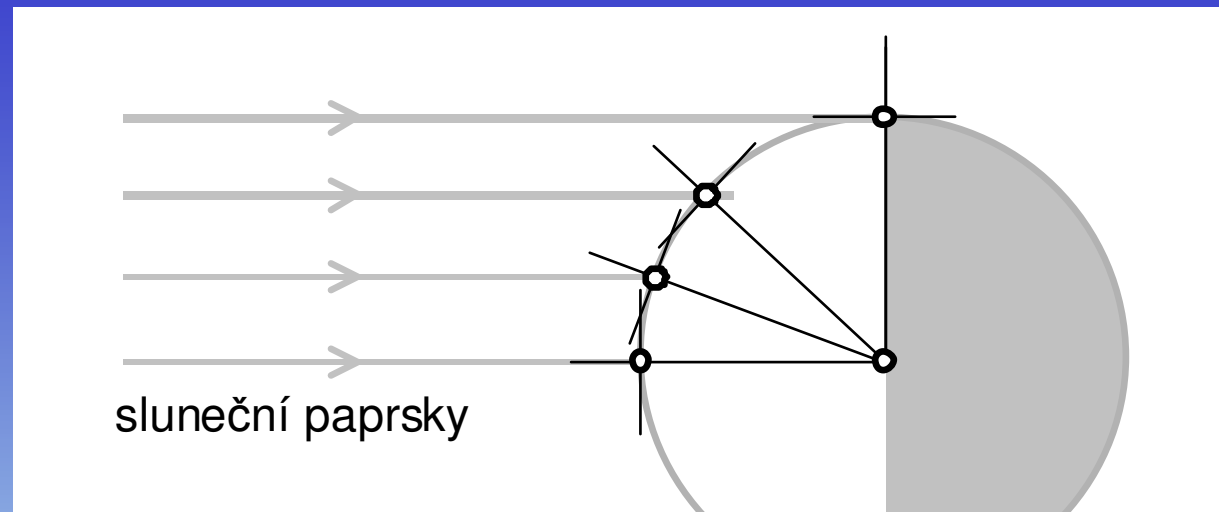
Kratés z Mallu
150 BC glóbus

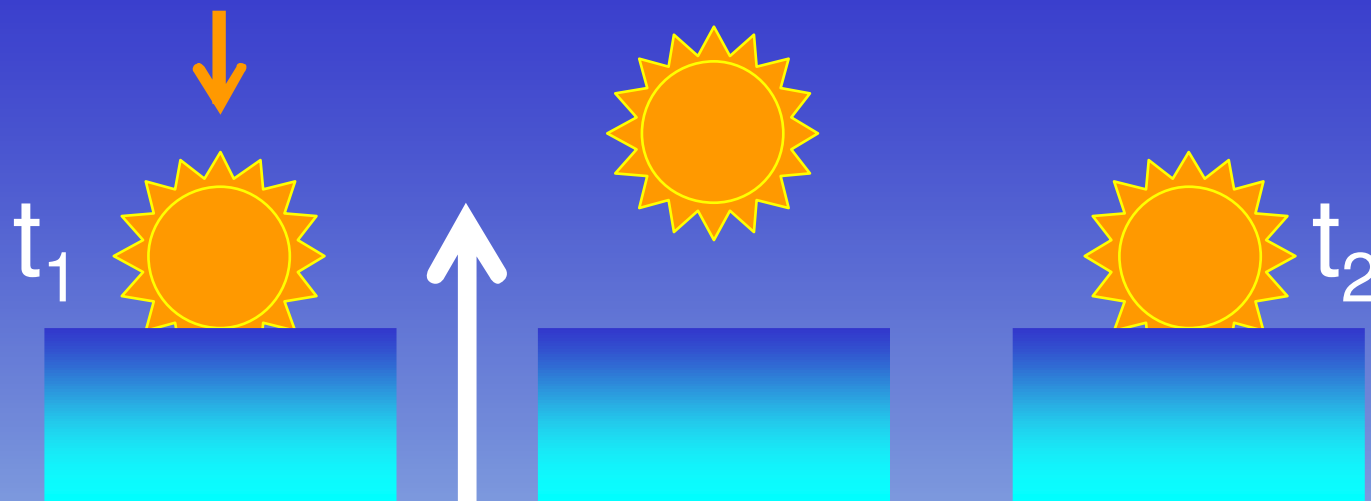


Středověk

Al-Mamún, 9. stol.
změřil délku jednoho stupně
 $56 \frac{2}{3}$ arabské míle
obvod Země 40 tisíc km

Al-Birúní, 11. stol.
pokles horizontu
obvod Země 45 tisíc km





Domácí úkol:

Metoda dvojího západu slunce

1. Lehnout!
2. První západ slunce, stopky
3. Vstát!
4. Druhý západ slunce, stopky
5. Odečíst čas $\Delta t = t_2 - t_1$ (asi 10 s)

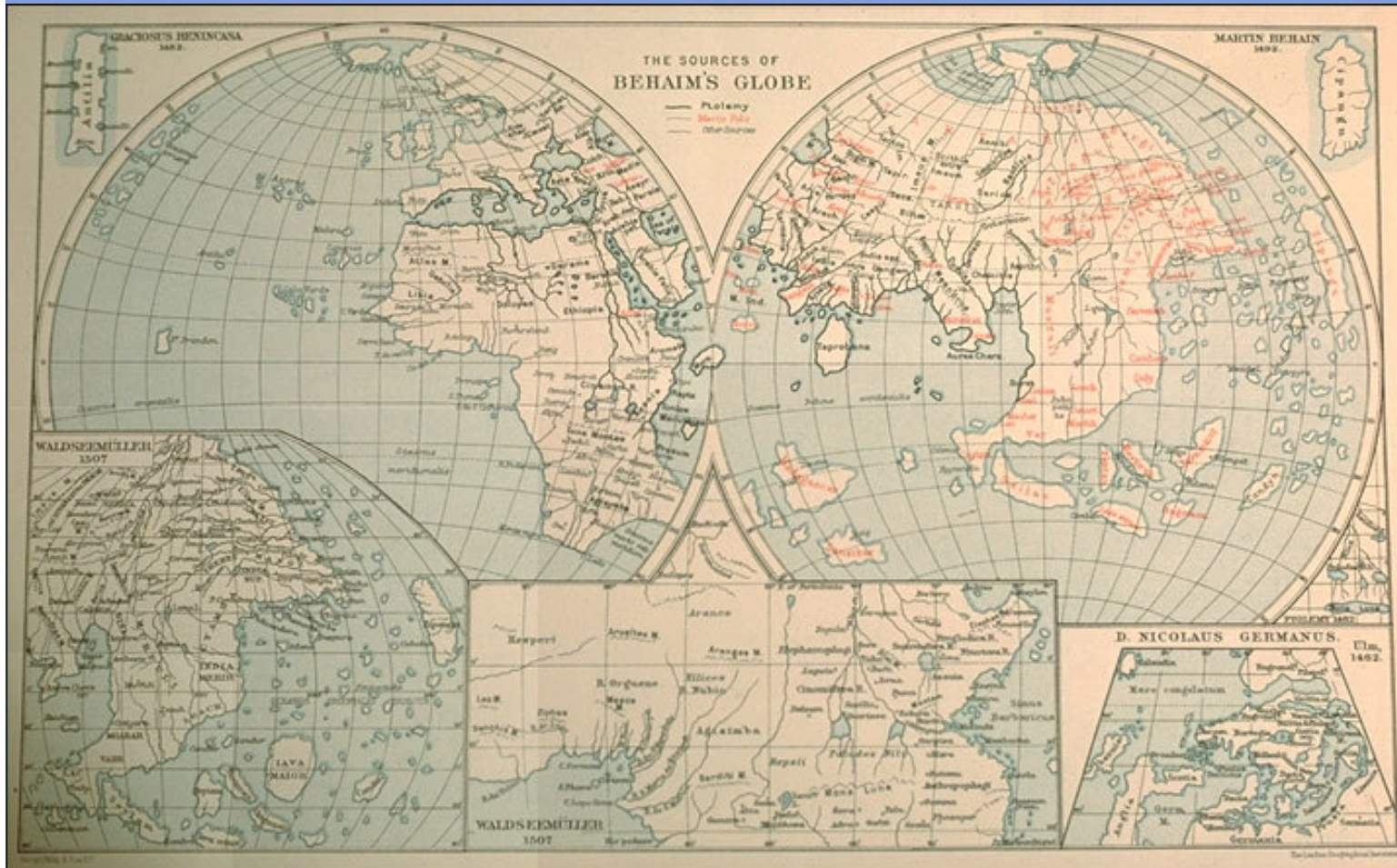
$$R \approx 2h/\Omega^2 \Delta t^2$$

Mapa světa před Kolumbem

Martin Behaim

(lat. Martinus de Bohemia)

1492 vyrobil zemský glóbus



Cesty za kořením

Portugalci

1453 pád Cařihradu
→ konec obchodu s kořením



Lopo Gonçalves
1473 přeplul rovník

Bartolomeo Díaz
1487 mys Dobré Naděje

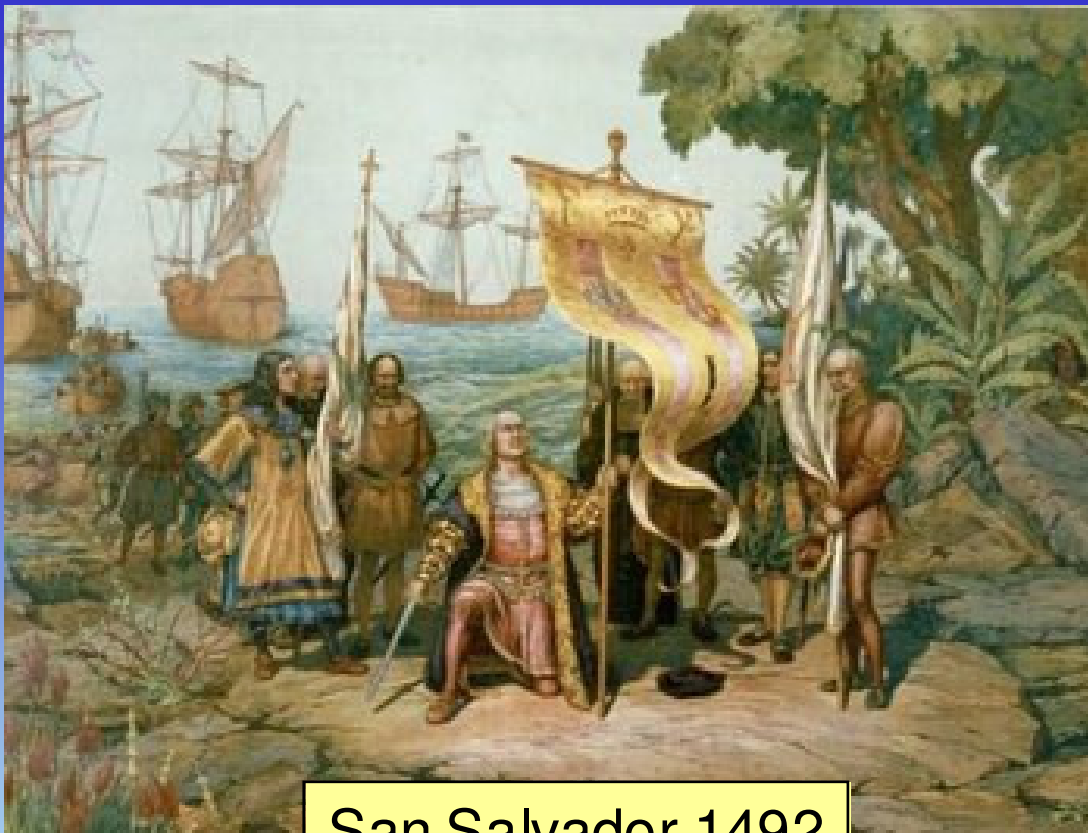


Vasco da Gama
1498 obeplul Afriku do Indie
1523 místokrál Indie

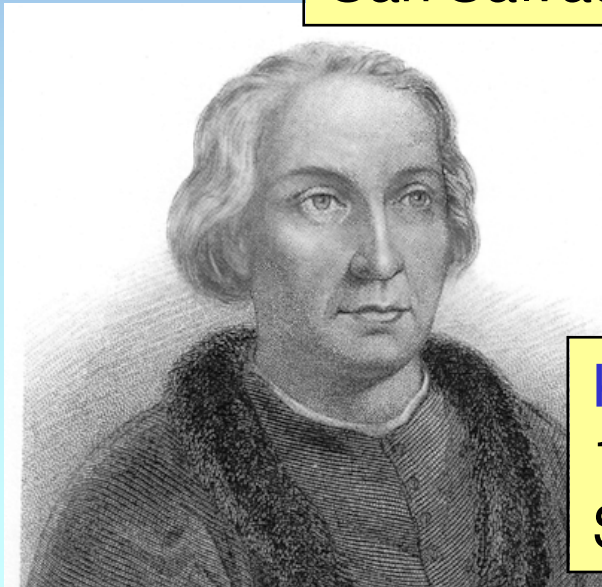


Pedro Álvares Cabral
1500 objevil Brazílii

Španělé



San Salvador 1492



Kryštof Kolumbus
1492 záp. cesta do Indie
San Salvador, Kuba, Haiti



Vasco Núñez de Balboa
1513 objevil Tichý oceán

Kolumbův omyl

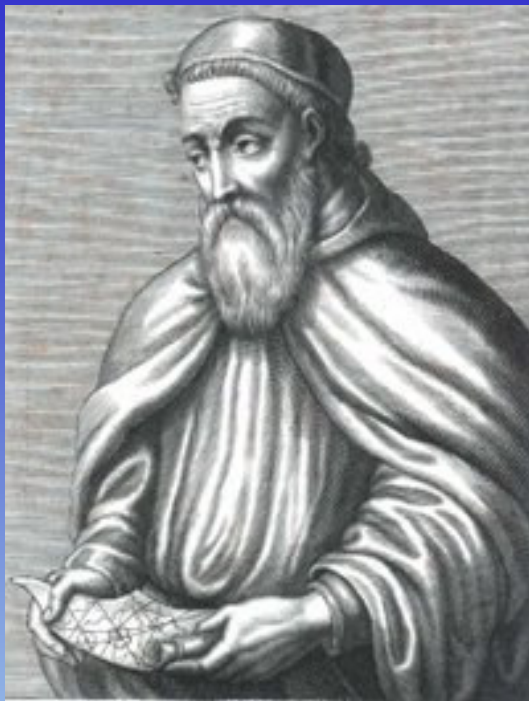
rekonstrukce
Toscanelliho mapy 1474



Paolo Toscanelli 15. stol.
Ptolemaios 1. stol.
(Země 2x menší)
Marco Polo 13. stol.
(Asie 2x delší)
→ Japonsko 3000 mil



Kolumbus = Toscanelli +
arabská míle = italská míle
→ Japonsko 2400 mil (11000 mil)
plavba měla trvat 10 dní (33 dní)



Amerigo Vespucci, 1499

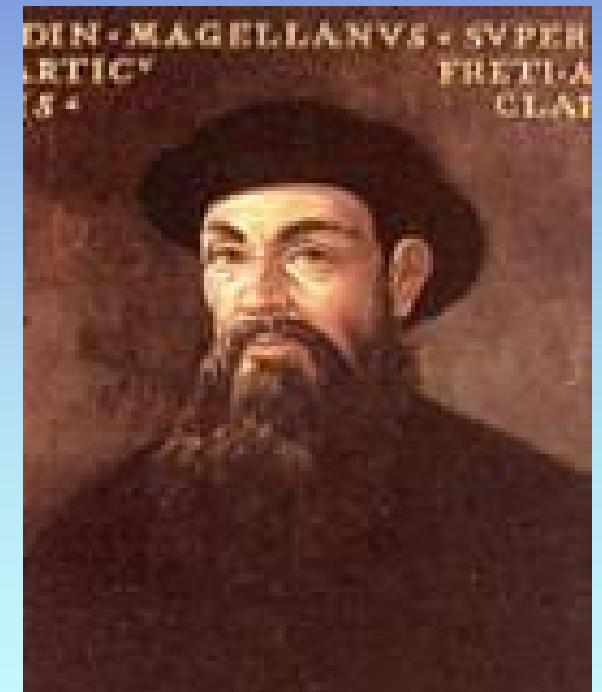
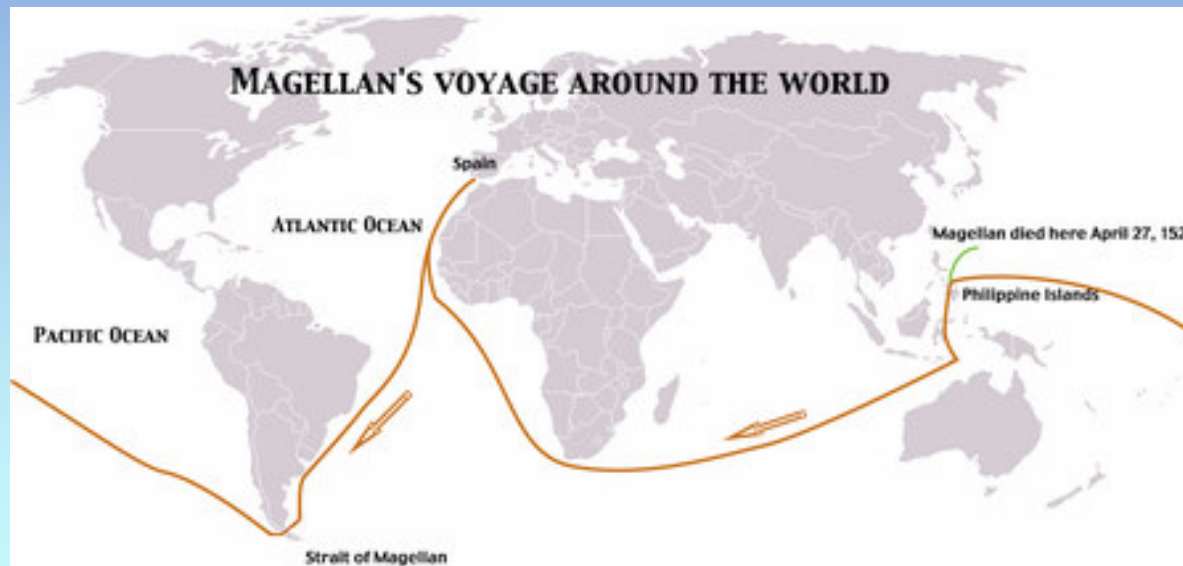
Pomocí konjukce Marsu a Měsíce

+ Almanach Regiomontanus (Johann Müller 1474)

Amerika je jen 82.5° západně od Norimberka

→ Amerika není Čína ani Indie

Cesta kolem světa

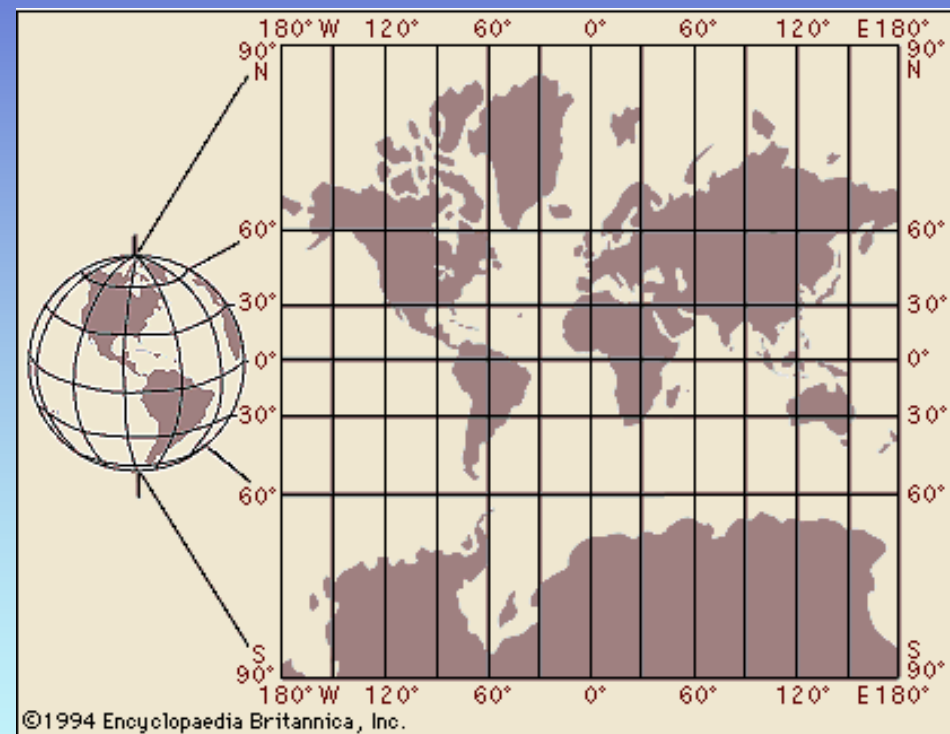


Hernando de Magallanes

1522 obeplul Zemi za 16 měsíců

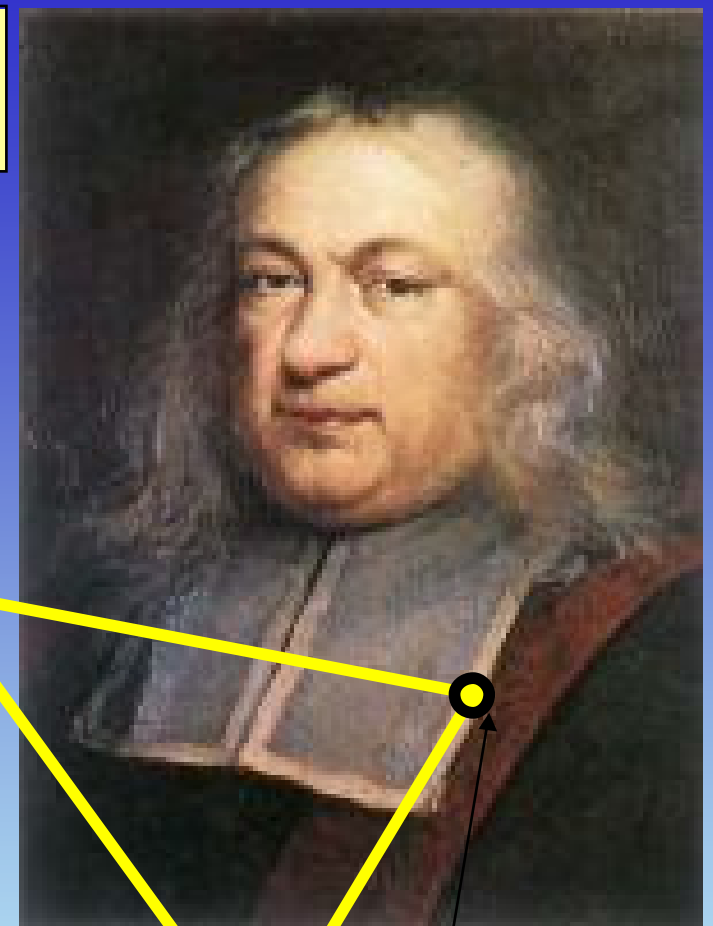
→ Země je definitivně kulatá

Gerardus Mercator, 16. stol.
první moderní a přesné mapy 1537
zmenšil Středozevní moře a zvětšil svět
Mercatorova projekce 1569
vydává soubory map Mercator-Hondius Atlas 1606

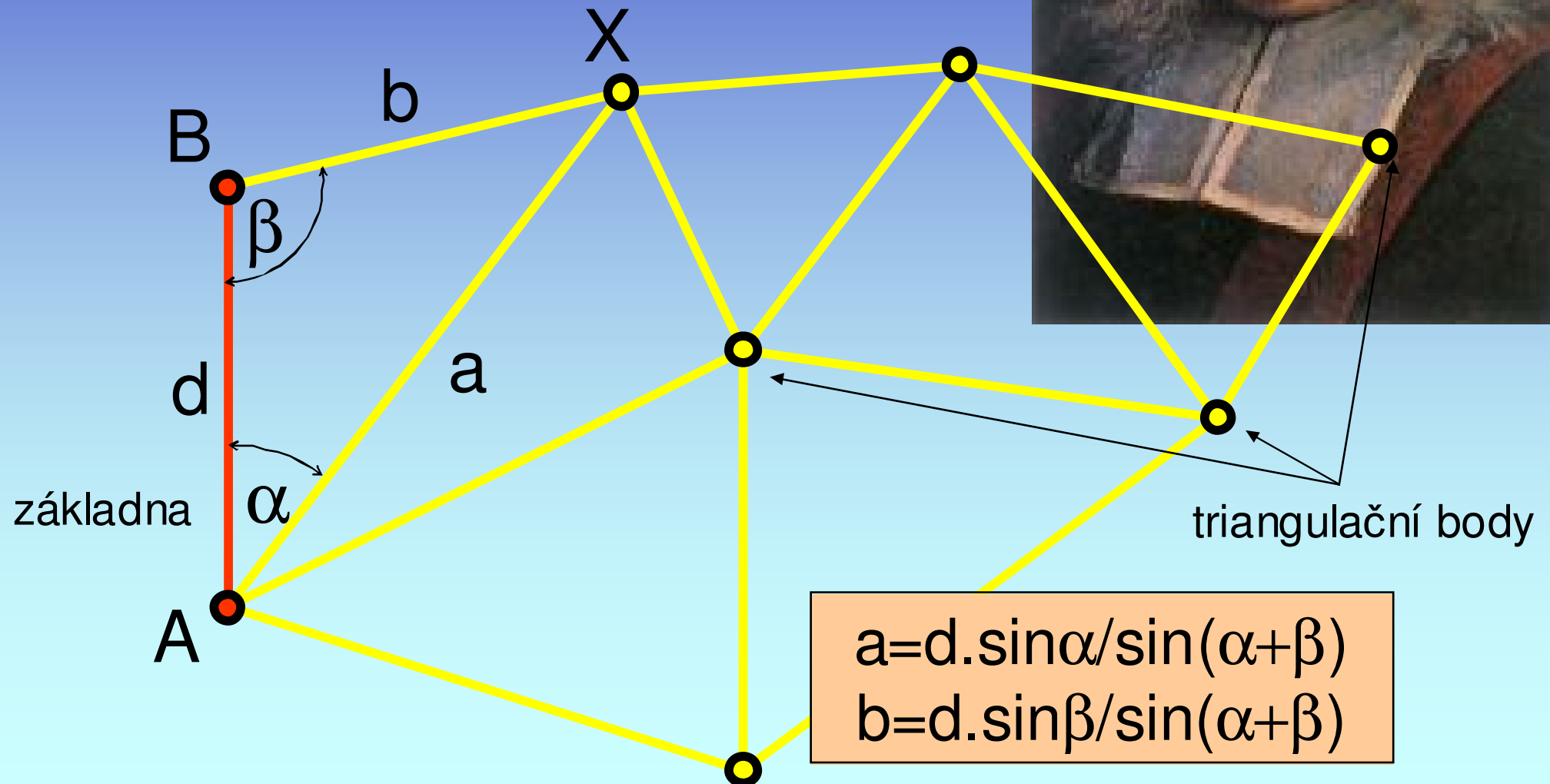


Mercatorova projekce

Willebrord Snellius, 16. stol.
Poprvé triangulace k měření Země

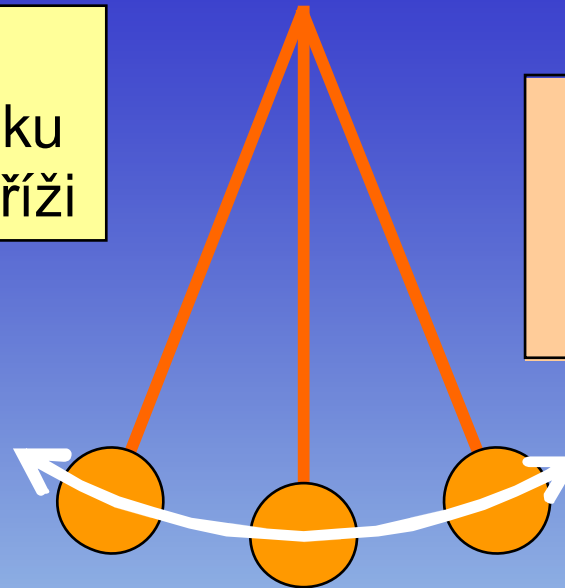


Triangulační síť

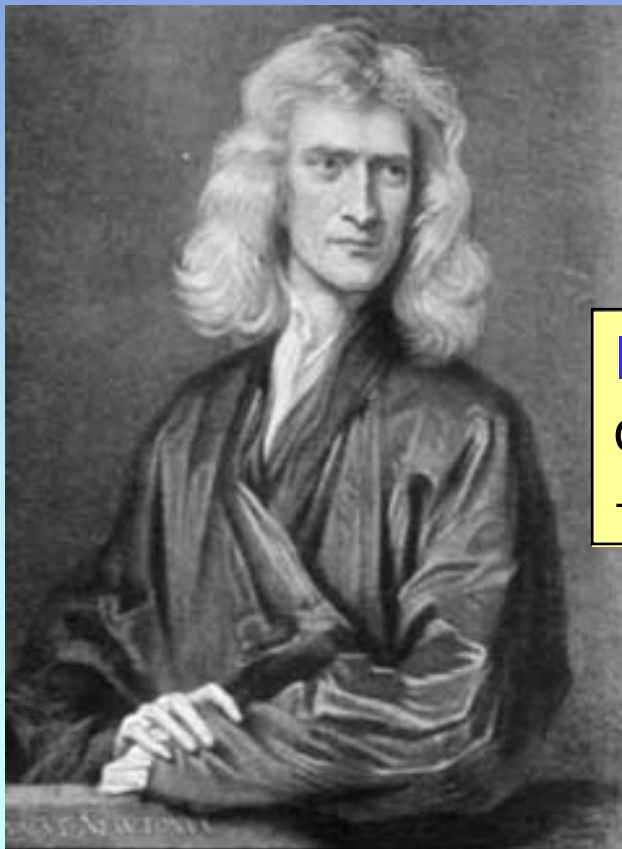


Jean Richer, 1672

Kyvadlové hodiny jdou na rovníku
o 2 ½ minuty pomaleji než v Paříži



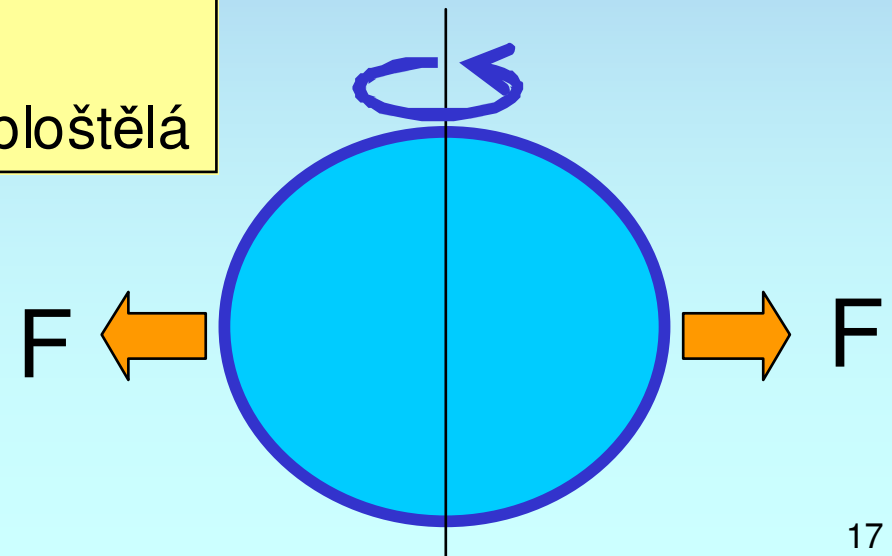
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

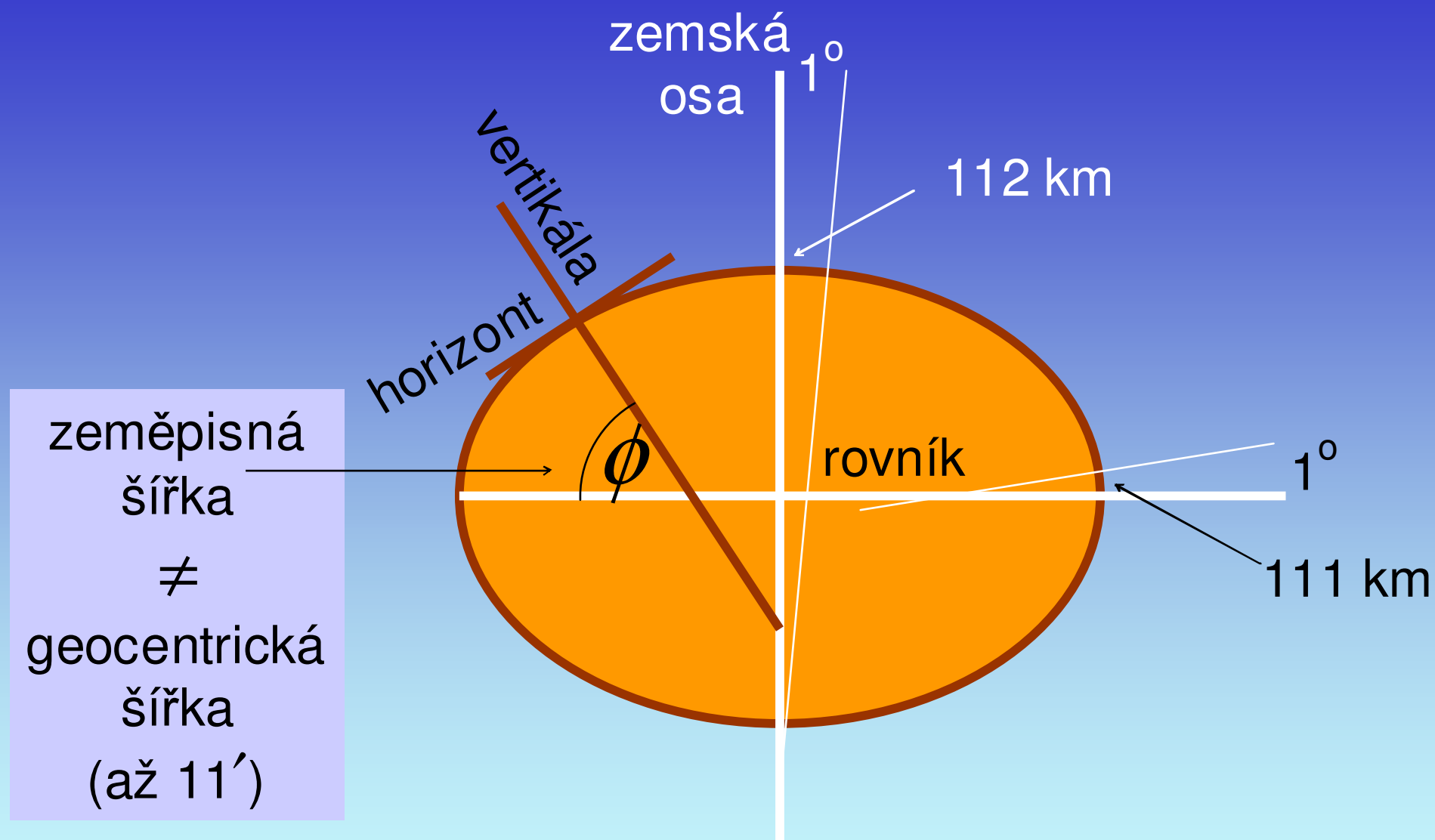


Isaac Newton, 1687

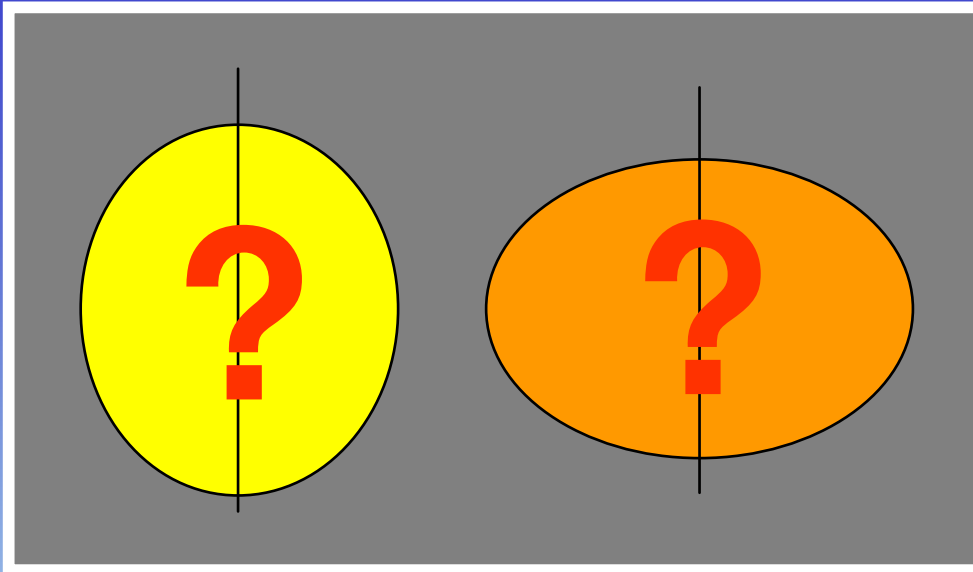
odstředivá síla

→ Země musí být zploštělá

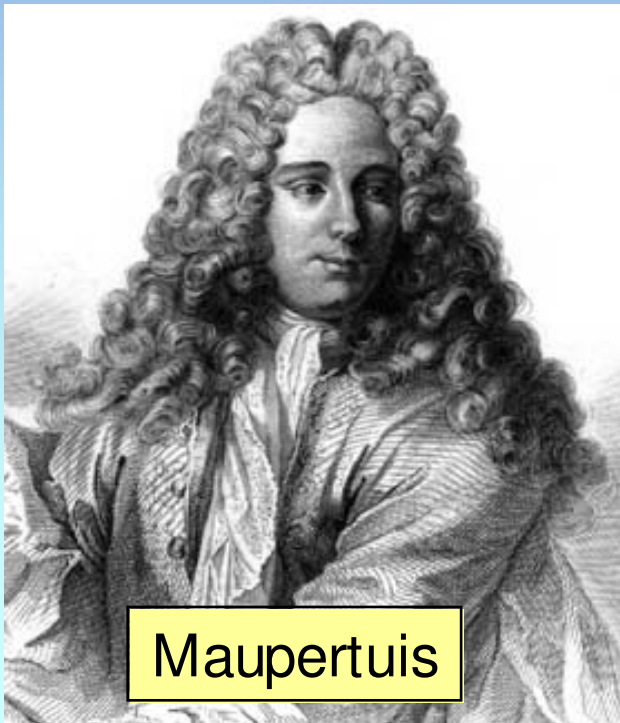




Citrón nebo pomeranč ?



Gian Domenico Cassini 1716
měří délku poledníku a konstatuje
→ Země protáhlá jako citrón



Maupertuis

Charles de la Condamine 1735 Peru
Pierre de Maupertuis 1736 Laponsko
→ Země jako pomeranč

rovníkový poloměr	6 378 km
polární poloměr	6 357 km
zploštění Země	1/298

rozdíl	21 km
--------	-------

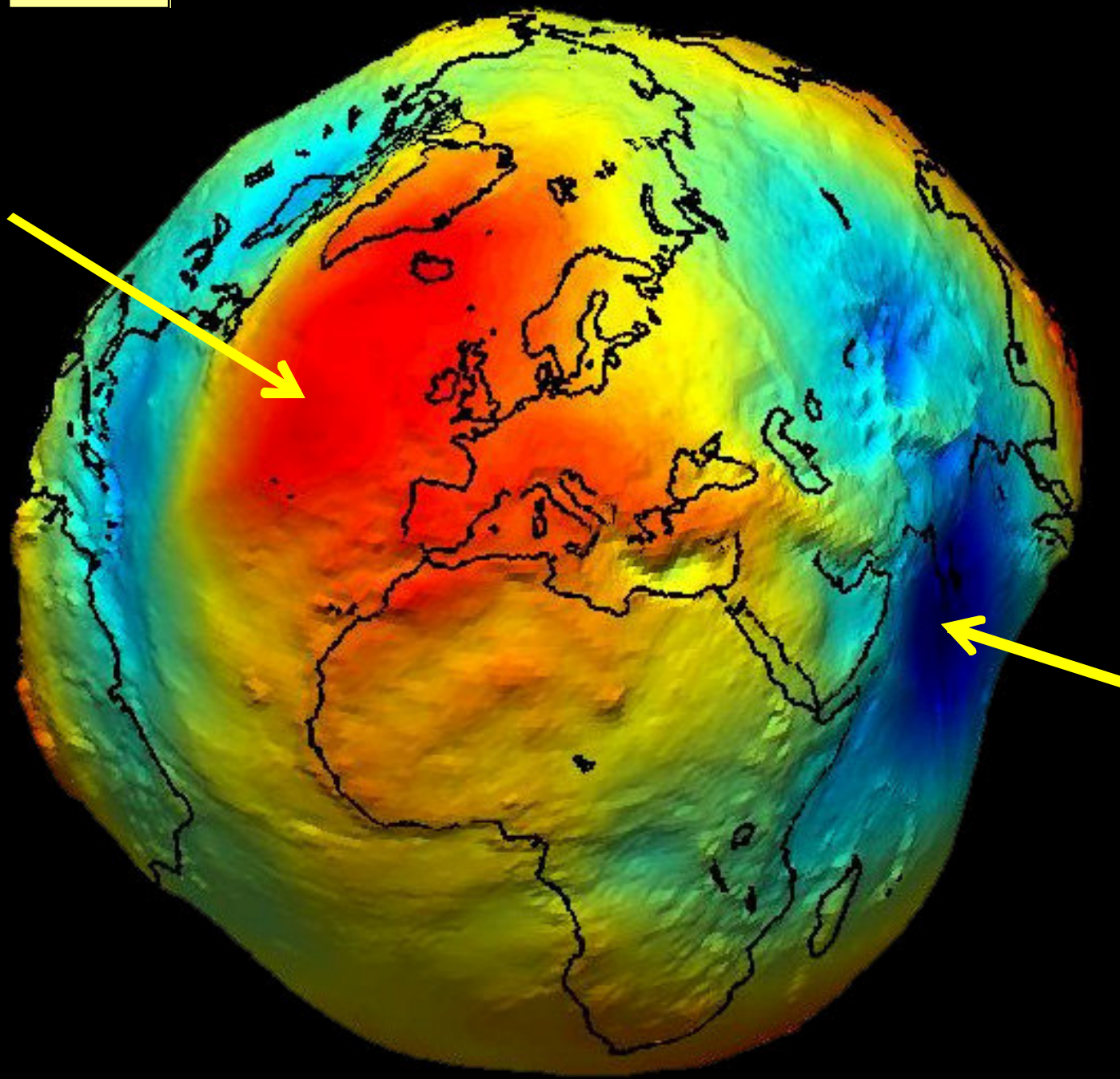
poledníkový obvod	40 007 km
rovníkový obvod	40 074 km

povrch Země	510 miliónů km ²
-------------	-----------------------------



Geoid

+50 m



-100 m

John Harrison, 1735

lodní chronometr lepší než 1 s/den



H1, 1735



H4, 1759



Carl Friedrich Gauss, 1839

telegraf k určení zeměpisné délky

Paříž nebo Londýn?

Greenwichský poledník 1883

GPS - satelitní navigační systém

1978 první satelity

1995 plně funkční

24+3 satelitů 19 000 km vysoko

Přesnost polohy:

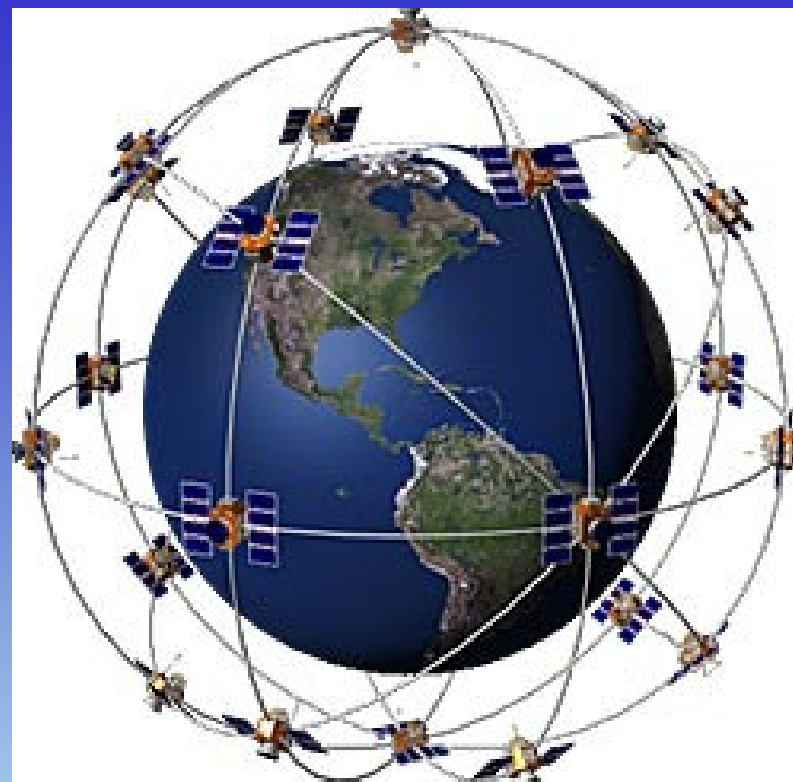
do roku 2000

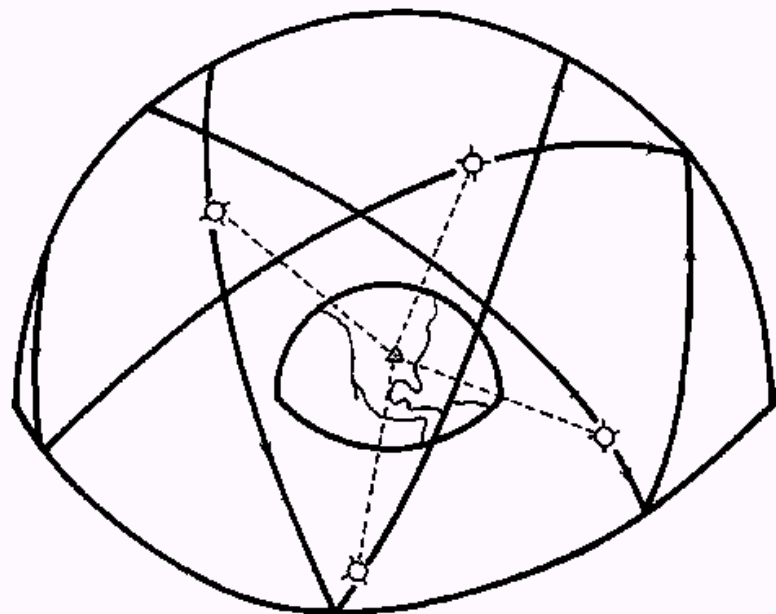
snížená na 100 m

od roku 2000

ruční až 15 m

stacionární až 1 m





24 satelitů 19 000 km vysoko

současně 4 satelity
(3 nestačí, pokud receiver nemá
synchr. atomové hodiny < 1 ns)



GPS – americký systém (od 1995)
Glonass – ruský systém (arm.)
Galileo – evropský systém (od 2008)